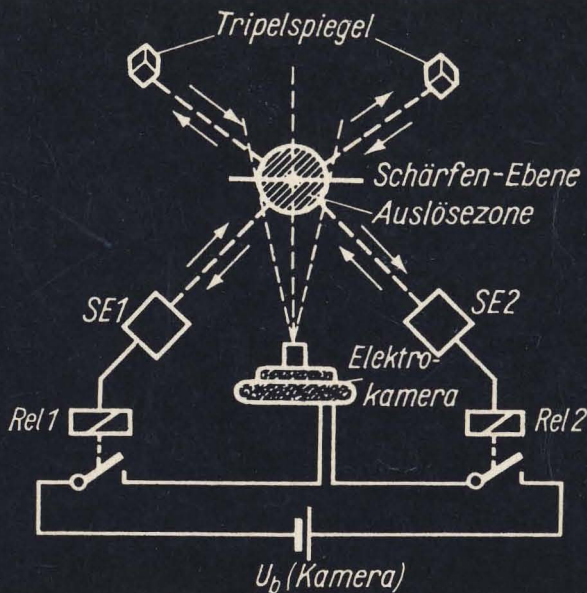


amateurreihe electronica



Hagen Jakubaschk

Angewandte Elektronik

HAGEN JAKUBASCHK

Angewandte Elektronik



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1. Grundsätze zu Entwurf und Ausführung elektronischer Schaltungen	8
2. Beispiele für optisch-elektronische Verfahren ..	11
2.1. Der Dämmerungsschalter	11
2.2. Die Lichtschanke (Schutz-, Warn- und Melde- schanke; Zählschanke; Zeitmeßschanke) ..	13
2.3. Optische Probleme bei Lichtschranken (Schran- kenlampe; Infrarotlicht – die „unsichtbare Schanke“; Störsichere Verfahren; Strahlfüh- rung, Lampenanordnung; Umlenkspiegel – das Strahlengatter“, der Tripelspiegel; Empfänger; Hinweise zum Justieren der Strahlführung) ..	22
2.4. Einige Bemerkungen zu Lichtschranken anwen- dungen (Schutzgattersicherungsschranken; Tür- öffner; „Fotofalle“)	37
2.5. Andere Lichtanzeige- und Lichtmeldeanwen- dungen (Rauchkontrolle durch Transparenzver- gleich – Dreipunktanzeiger; Farbtemperatur- vergleiche; Brandmelder auf optischer Basis; Anzeigesirene für Warn- und Störungsmelder; Flächenmessung komplizierter Figuren)	46
2.6. Anwendungen von Blinklichtgebern (Warnsi- gnale in Geräten; Warnsignale im Freien; Leit- strahlblinker für Navigationszwecke)	58
2.7. Signalfarben, Signallampen und ihre Auswahl	64
3. Nichtoptische Warnung, Meldung und Beein- flussung	69
3.1. Annäherungsschalter (HF-Verfahren; NF-Ver- fahren)	69
3.2. Berührungsschalter	74
3.3. Brand- und Rauchmelder	77
3.4. Betriebssicherheit, Funktionskontrolle, Stö-	

	runngsmeldung (Mehrheitslogik [2-aus-3-Verfahren]; Redundanzmaßnahmen; Funktionskontrollen; Störungsmeldung)	79
4.	Anwendung periodischer Schalter und Zeitschalter	90
4.1.	Verfahrensüberblick	90
4.2.	Periodische Schalter (Grenzen der Anwendbarkeit periodischer Schalter)	91
4.3.	Zeitschalter (Zur Genauigkeit von Zeitschaltern; Langzeitschalter)	94
5.	Beispiele für Sonderanwendungen	99
5.1.	Diebstahlsicherungen (Kraftfahrzeugsicherung; Wegnahmesicherungen; Raumsicherungsanlagen, Verfahrensüberblick; Psychologie der Raumsicherung; Technik der Raumsicherung)	99
5.2.	Anwendungen in der Zoologie (Tierlehre; Tierbeobachtung)	108
6.	Literaturhinweise	111

Vorwort

In der Broschürenreihe *Der praktische Funkamateur* erschienen bisher von demselben Autor eine Anzahl Hefte, die den Charakter einer Schaltungssammlung trugen; das gleiche gilt für sein *Elektronikbastelbuch*. Verglichen mit diesen Veröffentlichungen mag der Inhalt der vorliegenden Broschüre dem Leser zunächst etwas ungewohnt vorkommen. In diesem Band soll nicht die neuartige oder besonders interessante Schaltung im Vordergrund stehen – im Gegenteil, es wird bewußt auf Schaltungen und Anwendungen zurückgegriffen, die vielen Amateuren bereits bekannt sein dürften, Schaltungen von bereits fertigen elektronischen Geräten aller Art. Allerdings ist dabei *fertig* nicht von vornherein mit *gebrauchsfertig* gleichzusetzen: Das Vorhandensein eines fertig aufgebauten elektronischen Geräts allein genügt nicht als Voraussetzung für eine zweckentsprechende *Anwendung* des Geräts!

Auf die Anwendung bzw. auf Anwendungsbereiche sowie auf die Auswahl des für eine gegebene Aufgabenstellung zweckmäßigsten Verfahrens und auf ähnliche Fragen konnten die bisherigen Veröffentlichungen nicht oder allenfalls am Rande eingehen. Oft ist es dann so, daß der Amateur zwar die Aufgabenstellung erkennt, aber zur Realisierung entweder mangels Überblicks über vorhandene Verfahrenswege, Lösungsmöglichkeiten usw. ungünstige Schaltungen benutzt und für seine Aufgabe zweckmäßigere Lösungswege übersieht (bekanntlich gibt es für keine Aufgabenstellung schlechthin *die beste Schaltung*; jede Lösung hat Vor- und Nachteile; entscheidend ist, was im vorgegebenen Einzelfall überwiegt!), oder er scheitert bei grundsätzlich richtiger Verfahrensauswahl an Details bei der Realisierung, oftmals an banalen Kleinigkeiten und „Tricks“.

Weiterhin sind in der Reihe *Der praktische Funkamateur* bereits einige Veröffentlichungen erschienen, die entweder nur Verfahrensüberblicke geben und Lösungswege andeuten, ohne bis zur nachbaufertigen Schaltung zu gehen, wobei aus der Sicht industrieller und volkswirtschaftlicher Belange die dem Amateur gebotenen Möglichkeiten (auch die

ihm gesetzten Grenzen) aufgezeigt werden, oder aber in denen spezielle Themen behandelt werden, die für den Elektronikamateur einen erheblichen informativen Wert haben.

Der vorliegende Band soll nun eine Brücke schlagen zwischen diesen und ähnlichen, vorwiegend informativ gehaltenen Veröffentlichungen und der reinen Bauanleitung, genauer, der *Schaltungsbeschreibung*. Insbesondere soll er den Lesern, die sich bisher vorwiegend mit der Schaltungstechnik befaßt und auftretende oder selbst gestellte Aufgaben ausschließlich an Hand solcher gelöst haben, den gedanklichen Übergang von rein schaltungstechnischen Belangen zu denen der Geräteanwendung erleichtern. Bewußt wurde die Unterteilung im vorliegenden Band – dem „Schaltungstechniker“ entgegenkommend – nach *schaltungstechnisch* oder *verfahrenstechnisch* verwandten Objekten vorgenommen und erst in zweiter Linie nach *anwendungstechnischen* Gesichtspunkten. Wenn der vorliegende Band die bisher nur schaltungstechnisch interessierten Leser – sie sind unter den Elektronikamateuren erfahrungsgemäß noch immer stark in der Überzahl – dazu anregt, die eine oder die andere unmittelbar interessierende und vielleicht schon vertraute Schaltung einmal unter anderem Blickwinkel zu sehen und neue Anregungen für ihre Anwendung (und Erkenntnisse darüber, wo und wie sie nicht anwendbar ist!) zu vermitteln, hat sie ihre Aufgabe erfüllt.

Der Inhalt ist konsequent auf die unmittelbare Praxis orientiert – es ergibt sich daraus eine Art von „Zwitter“ zwischen Schaltungssammlung bzw. Bauanleitung einerseits und Veröffentlichungen reinen Informativgehalts andererseits. Deshalb wird zum besseren Verständnis immer wieder auf Veröffentlichungen der einen oder der anderen Art verwiesen werden. Im übrigen erheben viele der gezeigten Beispiele weder Anspruch auf Originalität noch auf optimale Lösung. Die Broschüre hat auch dann ihren Zweck erfüllt, wenn sich der Leser durch ein vorgestelltes Detail aufgefordert fühlt, eine bessere Lösung zu finden!

Hagen Jakubaschk

Nahmitz bei Brandenburg, im November 1968

1. Grundsätze zu Entwurf und Ausführung elektronischer Geräte

Bei Entwurf und Ausführung eines Geräts ist der Elektronikamateur zunächst vor die Frage gestellt, ob er sein Gerät nur im privaten Bereich benutzen will oder ob es in seinem Arbeitsbereich (Betrieb, Schule usw.) eingesetzt werden soll. Im vorliegenden Heft sei dies stark vereinfacht als *private* oder *öffentliche* Anwendung unterschieden. Die allgemeinen Probleme zu dieser Frage sind dargestellt in [1]. Dort sei vor allem auf Kapitel 4. (Vorbereitung und Lösung einer technischen Aufgabe) mit seinen Unterabschnitten 4.1. bis 4.7. verwiesen. Im *privaten* Bereich vereinfachen sich die Fragen bezüglich Arbeitsschutz, Betriebszuverlässigkeit usw. je nach Aufgabenstellung weitgehend – sie *entfallen aber keineswegs!* So sind die allgemeingültigen TGL-Sicherheitsbestimmungen beispielsweise bei netzgespeisten Geräten in jedem Fall zu beachten (Berührungsschutz auch dann, wenn „voraussichtlich“ kein Fremder das selbstgebaute Gerät berühren kann usw.); vielfach sind über diese und die in [1], [2] genannten Punkte noch juristische Fragen oder mögliche Unfallgefahren zu bedenken.

Aus den folgenden Kapiteln herausgegriffene Beispiele mögen das zeigen:

Eine Zeitmeßstrecke, die mit 2 Lichtschranken etwa nach Kapitel 2.2.3. (Bild 4) zur Kfz.-Geschwindigkeitskontrolle benutzt und dabei zur einfacheren Installation mit Tripelspiegeln (2.3.4.2. und Bild 9) aufgebaut wird, kann nachts selbst dann, wenn die Schranke mit Infrarotlicht (2.3.2.) arbeitet, Unfälle durch Blendwirkung oder durch Irritieren (Vortäuschen von Lichtquellen) herbeiführen; denn ein Tripelspiegel wirft *jedes* Licht in seiner Einfallsrückrichtung zurück; ein Fahrer kann dadurch vom reflektierten Licht der *eigenen* Fahrzeuglampe getroffen werden!

Das zweite Beispiel mag eine oft übersehene juristische „Tücke“ andeuten: Eine für Tierfotografie aufgestellte Fotofalle (2.4.3. o. ä.) kann, wenn zufällig jemand den Aufnahmebereich durchquert, sich dabei unbeabsichtigt automatisch selbst fotografieren und dies bemerkt oder es später erfährt, dem Elektronikamateur viel Ärger bereiten,

falls sich dieser nicht in den entsprechenden Gesetzesparagraphen (Fotorecht!) auskennt. In solchem Fall schafft ein gut sichtbares Hinweisschild auf die vorhandene Anlage die nötige „Rückendeckung“, sofern man daran gedacht hat! Diese Beispiele verdeutlichen bereits, daß auch das „private“ elektronische Gerät in seiner Anwendung nicht nur technisch durchdacht sein will! Ein abschließendes Beispiel soll zeigen, wie weit sich eine zunächst zweckmäßige Maßnahme ins Gegenteil verkehren kann. Vom Verfasser wurde für spezielle Tierfilm-Aufnahmезwecke ein mehrkanaliger Mikrofon-Vorverstärkerblock mit insgesamt über 50 Bauelementen für extrem rauhe Einsatzbedingungen gefertigt. Es bot sich vollständiger Verguß in Gießharz an, wobei der Funktionsblock zur Vorsorge zusätzlich eine Elastik-Plasthülle erhielt [3]. Nachträgliche Reparaturen scheiden bei solchen Funktionsblocks aus, deshalb wurde wegen der hohen Bauelementanzahl teilweise (Elkos) mit Redundanz (3.4.2.) gearbeitet, um bestmögliche Funktionssicherheit zu erreichen. Dieser Verstärkerblock überstand in 2jährigem Geländeeinsatz Temperaturen zwischen $+45^{\circ}\text{C}$ und -20°C bei voller Funktionstüchtigkeit; während einer Hochgebirgsarbeit stürzte dieses Gerät über einen fast 200 m tiefen Felsgeröllhang ab und wurde erst Tage später, in einem Gebirgsbach liegend, wiedergefunden – das Gerät arbeitete unverändert. Dagegen fiel es wenige Tage später aus, weil das Batterieanschlußkabel gebrochen war, bei der Behelfsreparatur unter Geländebedingungen dessen Adern vertauscht wurden und weil der Funktionsblock die Betriebsspannung falsch gepolt erhielt – Ergebnis: Ausfall mehrerer Transistoren und damit des ganzen Gießharzblocks! Und dies nur, weil der Verfasser beim Bau, im Wissen darum, daß unvertauschbare *Stecker* benutzt würden, die Möglichkeit des *Kabelbruchs* nicht bedacht und den Einbau einer einzigen Schutzdiode, die bei Falschpolung sperrt, vgl. 3.4.2., versäumt hatte!

Freilich wirken sich nicht alle Entwurfsfehler so kostspielig aus. Der Elektronikamateur, der seinem Bekannten einen Garagentüröffner auf Induktionsschleifenbasis (unter stolzem Verweis auf die hohe, allzu hohe Ansprechempfindlichkeit) einbaute und diesen auf „ungefähr 15 kHz“ abglich, hatte lediglich den Spott zu tragen, als sich herausstellte, daß sich die Garage jedesmal öffnete, wenn der angrenzende Nachbar sein Fernsehgerät (Zeilenfrequenz 15,625

kHz...) einschaltete. Durch Wahl einer anderen Frequenz war dieser Effekt schnell behoben – durch Überlegung hätte er vermieden werden können.

Auch davor, Verfahren zu praktizieren, nur weil sie „das Modernste“ sind, sollte sich der Elektronikamateur bei aller Begeisterung hüten. So mußte der Verfasser einmal eine im Wohnzimmer festinstallierte Wechselsprechanlage „bewundern“, deren einzelne Verstärkergruppen in Gießharz vergossen waren, während das zugehörige Sprechrichtungs-Umschaltrelais nicht einmal mit einer Staubschutzkappe versehen war – die dafür vorgesehene Plastkappe hatte der Erbauer als Vergußgehäuse für eine der Verstärkerstufen benutzt, der im Wohnraumklima ohnehin keine Gefahr drohte, die aber im Defektfall als Ganzes wertlos wird.

So unzweckmäßig in diesem Fall auch eine Gießharzanwendung war, so zweckmäßig kann sie, und können andere Mittel, sein, wo sie im ersten Augenblick widersinnig *scheinen*: Bei einer im Freien betriebenen Lichtschranke hat es durchaus Sinn, eine Glühlampe, ohne Fassung angelötet, völlig in Gießharz einzubetten. Bruch- und Korrosionsgefahren (Anschlüsse, Fassung) werden dann vermieden, der komplette Guß-Lampenblock kostet nicht viel mehr als die Lampe selbst (man stellt gleich einige Ersatzblöcke her). Eine zuvor einige Zeit in Betrieb geprüfte Lampe (Ausschaltung von Frühausfällen [2]), nach Verguß mit 30 % oder mehr Unterspannung betrieben, erreicht mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Lebensdauer, die der der übrigen Schrankenbauelemente nahekommmt! Eine Schraubfassung wäre hier nur von Nachteil, obwohl auf den ersten Blick das Gegenteil gegeben scheint.

2. Beispiele für optisch-elektronische Verfahren

2.1. Der Dämmerungsschalter

Aufgabe und Funktion eines Dämmerungsschalters, der in nahezu gleicher Form auch als Parklichtautomatik im PKW und in ähnlichen Anwendungen wiederkehrt, darf als bekannt vorausgesetzt werden. Entsprechende Schaltungen sind in [5] und vielen anderen Veröffentlichungen zu finden. In seiner einfachsten Form ist er als ungerichteter Lichtempfänger anzusehen. Auswahl und Anordnung des lichtempfindlichen Organs müssen sich allerdings nach der beabsichtigten Anwendung richten. Besonders hohe Grenzfrequenz (sehr schnelle Reaktion) wird dabei nicht gefordert (dem steht die Trägheit des meist vorhandenen Relais entgegen), im Gegenteil, es kann eine gewisse Schalträhigkeit sogar erforderlich sein.

Damit scheiden zunähst Fotodiode und Fototransistor als unzuweckmähig aus. Ihre Kleinheit (wichtig für die bei dieser Anwendung nicht notwendige bestmögliche Lichtbündelung – 2.3.4.) fällt nicht ins Gewicht, zumal moderne *Fotowiderstände* (etwa Typ CdS 6 vom VEB Carl Zeiss Jena) keine wesentlich größeren Abmessungen als Fotodioden haben. Sehr ins Gewicht fällt dagegen der stark temperaturabhängige Reststrom von Germaniumfotodioden und Germaniumtransistoren: Je 8 bis 10 °C Temperaturerhöhung kann man überschlägig mit Verdopplung des Reststroms rechnen. Dies wirkt sich jedoch wie (scheinbar) im gleichen Maß zunehmende Helligkeit aus – der Helligkeitsschaltpunkt des Dämmerungsschalters würde also stark temperaturabhängig, was nur durch umständliche Schaltungsmaßnahmen kompensierbar wäre. Deshalb benutzt man für Dämmerungsschalter Fotowiderstände oder Selenfotoelemente. Beide sind in so geringem Maß temperaturabhängig, daß sich besondere Maßnahmen erübrigen. Die nicht sehr hohe Grenzfrequenz beider Bauelemente (wenig über 100 Hz) stört daher nicht. Im Gegenteil, ein zu schnelles Ansprechen bei Dämmerungsschaltern ist unerwünscht.

Kurzzeitiges Fremdlicht (Autoscheinwerfer u. ä.) kann sonst zu unerwünschtem Ansprechen führen.

Um dieser Erscheinung zu begegnen, gibt es zwei Wege, die gegebenenfalls kombiniert anzuwenden sind. Einmal kann die Empfängerschaltung – meist ein einfacher Gleichstromverstärker; Bild 1 zeigt eine derartige Standardschaltung – mit Zeitverzögerung arbeiten. Hierfür wird lediglich ein zusätzlicher Elektrolytkondensator C eingefügt (s. Bild 1). Oft findet man diesen Elko auch von Basis T2 oder von Schleifer des Schwellwertreglers P gegen Masse geschaltet. Dies genügt für kurze Verzögerungszeiten (um 1 s max.) oder um störenden Netzbrumm (Relaisbrummen!) auszufiltern (falls das auf Fotowiderstand FW fallende Licht von einer netzspannungsgespeisten und somit mit 100 Hz modulierten Lampe stammt). Günstiger ist aber in jedem Fall das Anschalten von C gemäß Bild 1. T2, Rel und C mit R2 bilden dann eine *Miller-Integrator-Stufe* (beschrieben in [5]), wobei man bei gleicher Verzögerungszeit mit erheblich kleineren C-Werten auskommt oder mit noch realisierbaren C-Werten sehr lange Verzögerungszeiten erreichen kann. Dann stört auch ein mehrere Sekunden (u. U. Minuten) auftretendes Fremdlicht nicht mehr. Werden nur Verzögerungen um 1 s benötigt, so kann C eventuell noch einen Wert unter 1 μF haben und damit ein Kunstfoliekondensator sein anstatt eines Elektrolytkondensators. Das steigert die Langzeit-Betriebszuverlässigkeit (der Elko hat gegenüber dem Foliekondensator höhere Störanfälligkeit, vgl. auch [2]). Eine Relais-Parallelschutzdiode kann beim Dämmerungsschalter, sofern mit C gearbeitet wird,

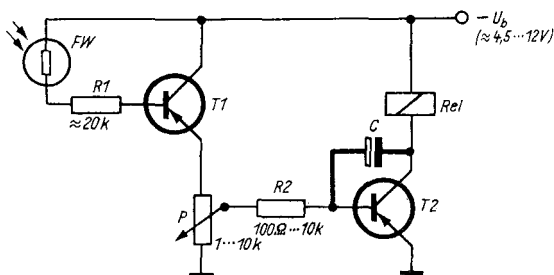


Bild 1 Prinzipschaltung eines Dämmerungsschalters. Einfügen des Kondensators C bewirkt Ansprechträgheit

entfallen, da an Rel nur noch langsame Stromänderungen auftreten und somit keine Überspannungsspitzen entstehen. Bei Dämmerungsschaltern ohne Verzögerung ist T2 gefährdet, falls die sonst übliche Relaisdiode ebenfalls fehlt; FW könnte außer durch schwindendes Tageslicht auch schlagartig abgedunkelt werden (durch vorüberfliegende Vögel u. ä.). Die zweite Möglichkeit, Fremdlichteinfluß zu unterbinden, besteht in entsprechender Anordnung von FW (dessen Zuleitung, falls nötig, sofern gut isoliert, unabgeschirmt um 100 m lang sein darf. Voraussetzung: Vorhandensein von C!). Man ordnet FW so an, daß er „in den Himmel blickt“, jedoch nicht direkt von der Sonne getroffen werden kann (Himmelsrichtung beachten!), und schirmt ihn durch geeignete Verkleidung (Abdeckblenden, vorgesetzten Lichttubus o. ä.) optisch gegen mögliche Fremdlichteinfallrichtungen ab. Besonders wichtig und exakt vorzunehmen ist das bei Parklichtschaltern im PKW (FW besser hinter der Heck- und nicht hinter der Frontscheibe), damit das Licht fremder Fahrzeuge nicht das eigene Parklicht löscht. In diesem Anwendungsfall sollte trotzdem noch mit C eine Verzögerung von wenigstens 20 s vorgesehen werden.

Ein weiterer Schutz gegen diskrete (punktförmige helle) Lichtquellen kann gelegentlich eine Streuscheibe (Opalglas-scheibe) vor FW sein. Die meist außerdem erforderliche Abdeckung (Blende o. ä.) muß dann vor der Streuscheibe angebracht werden. Allerdings bringt die Streuscheibe erhebliche Empfindlichkeitsverringerung mit sich, was jedoch unter Umständen sogar erwünscht ist.

2.2. Die Lichtschränke

Prinzip und vielfältige Anwendungsmöglichkeiten der Lichtschränke gehören heute praktisch schon zum „Grundwissen“ des Elektronikamateurs. Entsprechende Schaltungen sind in [5] zu finden. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher auf optische und anwendungsmäßige Probleme.

Im allgemeinen baut man Lichtschränken vollständig mit Halbleitern auf; doch muß der Halbleiter keineswegs immer die günstigste Lösung bieten! Speziell bei netzgespei-

sten Lichtschranken ergeben sich mit Thyratrons oder Thyristoren oft weitaus einfachere und betriebssichere Wege! Deshalb sei besonders auf die Thyatron-Lichtschranken in [5] verwiesen; diese und ähnliche Schaltungen sollte man mit in Betracht ziehen, wenn die am besten geeignete Schaltung gesucht wird.

Bild 2 verdeutlicht das Prinzip des optischen Teiles der Lichtschranke. Lampe La, deren Licht mittels Hohlspiegels Sp zu einem parallelen Lichtstrahlenbündel fokussiert wird, beleuchtet eine Sammellinse Sl, die das parallele Strahlenbündel zu einem Lichtpunkt oder Lichtfleck auf dem Fotowiderstand FW konzentriert. Für dieses Prinzip gibt es je nach Anwendungsfall eine Reihe von Variationsmöglichkeiten. Die Wahl der richtigen Variante und ihre exakte Ausführung entscheiden den Erfolg. Für FW, das lichtempfindliche Organ, das am Eingang der eigentlichen „Lichtschranke-nelektronik“ angeschlossen ist, gibt es zahlreiche Möglichkeiten, zwischen denen man je nach Anwendungszweck zu wählen hat.

Vom Dämmerungsschalter unterscheidet sich die Lichtschranke durch die Lichtbündelung, aber auch durch die Schaltgeschwindigkeit. Diese soll im Gegensatz zum Dämmerungsschalter meist möglichst hoch sein, damit ein sicheres Ansprechen der Schrankenautomatik auch bei sehr kurzzeitiger Unterbrechung des Lichtstrahls erreicht wird. Falls die Schranke zusätzlich auch auf langsames Abdunkeln des Strahlers ansprechen muß – selten erforderlich –, treten die beim Dämmerungsschalter erwähnten Temperaturprobleme auf; allerdings scheiden dann Fototransistor und Fotodiode nicht von vornherein aus, wenn das auf ihnen konzentrierte Licht genügend stark ist. Man kann dann

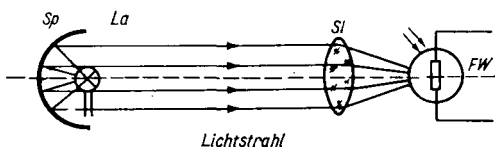


Bild 2 Prinzip der Lichtschranke; Sp – Sammelhohlspiegel, La – Schranklampe, Sl – Sammellinse, FW – Lichtempfänger

Der Strahlengang entspricht nicht exakt den optischen Gesetzen, da es sich nur um eine vereinfachte prinzipielle Skizze handelt. Das gilt für alle folgenden Prinzipskizzen dieser Art!

auch bei sehr „schnellen“ Schranken die schaltungstechnisch einfachere Gleichstromverstärkung anwenden. Wird ein Ansprechen bei langsamen Lichtänderungen nicht gefordert oder ist das sogar störend, so wendet man bei schwachem Licht besser Wechselfspanungsverstärker (Ankopplung über ein C) an. Damit vereinfacht sich auch bei Germanium-Fotohalbleitern das Reststrom- und Temperaturproblem. Trotzdem wird man aus Zuverlässigkeitsgründen nach Möglichkeit Fotowiderstände verwenden, falls die Schaltgeschwindigkeit der Schranke unter 100 Imp/s bzw. die Dauer einer Lichtstrahlunterbrechung über 10 ms liegt. Zu beachten ist bei allen Lichtschrankenwendungen die Möglichkeit der Fremdlichteinwirkung (s. auch folgende Abschnitte).

2.2.1. Die Lichtschranke als Schutz-, Warn- und Meldeschranke

Die Anwendungsmöglichkeiten der Lichtschranke für Warn- und Meldezwecke sind so zahlreich, daß sie auch nicht annähernd aufgezählt werden können. Sie reichen von *Endabschaltern* an Maschinen oder Maschinenteilen über *Türschließ-* und *Durchgangskontrollen* bis zur Meldung vorhandener oder fehlender Waggons auf Bahngleisen, und dies allein reicht wieder vom regulären Verkehrswesen (Bahnrangierbetrieb) bis zur Modelleisenbahn. Als *Schutzschranke* kann die Lichtschranke sowohl bei gefährlichen Anlagen (beweglichen Maschinenteilen, hochspannungsführenden Teilen oder chemisch aggressiven Substanzen und ihren Behältern oder Wirkungsbereichen) dienen entweder durch Warnsignal oder durch Abschalten des gefährlichen Aggregats. Als *Meldeschanke* kehrt sie u. a. in der vielfältig bekannten Form der *Diebstahl-* und *Raumsicherungsanlagen* wieder.

Stets wird bei allen diesen Anwendungen besonders hohe Zuverlässigkeit gefordert. In jedem Fall muß der Temperaturstabilität besondere Beachtung gewidmet werden. Der Lichtempfänger wird deshalb vorzugsweise ein Fotowiderstand sein. Die ihm nachgeschalteten Transistoren sollten möglichst im Schalterbetrieb arbeiten, wenn man Gleichstromverstärkung (die die einfachste Schaltungstechnik ergibt) benutzt. Bei geringer Lichtintensität und bei Fremdlichteinfluß (das gilt vorzugsweise bei großer Lichtweg-

länge) empfiehlt sich die Schmitt-Trigger-Schaltung [5] als wenig temperaturabhängige Schaltung mit definiertem Schwellwert. Solche Schranken lassen sich ohne spezielle Temperaturkompensation auch unter schwierigen Umweltbedingungen auf sicheres Schalten bei geringen Lichtstärkeunterschieden einstellen. Problematisch wird die Schwellwerteinstellung, wenn das auftreffende Fremdlicht so stark ist, daß es den Lichtempfänger fast übersteuert (Sättigung des Fotowiderstands oder der ihm nachgeschalteten Stufe), oder wenn das Fremdlicht in seiner Intensität schwankt. Sättigung läßt sich durch geeignete Schaltungseinstellung, falls erforderlich durch Graufilter (mit gleichzeitiger Verstärkung der Schrankenstrahlampe), immer vermeiden, eine Verschiebung des Schwellwerts durch Fremdlicht-Intensitätsschwankung jedoch nicht. Dann wird man zunächst durch Verkleidung des Lichtempfängers (Blenden, Tubus) und andere optische Maßnahmen (2.3.4.3.) eine Trennung von Schrankenlicht und störendem Fremdlicht anstreben. Befindet sich die Fremdlichtquelle aber in „Blickrichtung“ des Empfängers in Nähe der Schrankenlampe und läßt sich diese Anordnung nicht ändern (Vertauschen von Schrankenlampe und Empfänger), so helfen die genannten Mittel nicht.

In solchen Fällen bietet eine *Flimmerlichtschranke* einen Ausweg. Bild 3 verdeutlicht das Prinzip. Die Schrankenlampe La wird jetzt mit einer Wechselspannung betrieben. Dazu kann die Netzspannung dienen (vorteilhaft mit Halbwellenbetrieb der Lampe, indem man ihr eine Diode in Reihe schaltet), vorausgesetzt, daß das störende Fremdlicht nicht auch von netzgespeisten Lichtquellen herrührt. Spei-

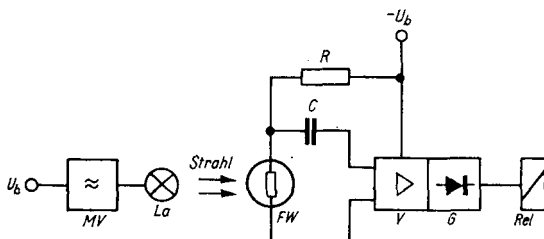


Bild 3 Prinzip der Flimmerlichtschranke; für FW ist eine Fotodiode vorteilhafter

sung von La mit Netzspannung eignet sich also zum Ausschalten von Tageshelligkeit, nicht aber zum Kompensieren von Raumbeluchtungseinflüssen. In diesem Fall und auch bei netzunabhängigen Anlagen wird die Betriebsspannung U_b einem Wechselspannungsgenerator (einem einfachen Multivibrator ohne besondere Frequenzkonstanz) MV zugeführt, der dann die Lampe speist. Wählt man bei Verwendung von Kleinlampen (etwa bis 0,2 A Stromaufnahme) eine höhere Frequenz (Größenordnung 1 kHz), so kann man – bei noch völlig ausreichender Helligkeitsmodulation von La – den Empfänger so auslegen, daß er auf netzfrequentes Fremdlicht (100 Hz) nicht mehr reagiert. Fotowiderstand FW (oder Fotodiode) wird dazu über einen Arbeitswiderstand R von der Empfängerspeisespannung $-U_b$ betrieben. Über R fällt die von MV erzeugte Frequenz ab; sie wird, über C ausgekoppelt, einem einfach ausgelegten NF-Verstärker V mit Gleichrichterstufe G und Schaltrelaisstufe Rel zugeführt. Durch Bemessen von C je nach Frequenz kann man (evtl. sinngemäß auf in V vorhandene weitere Koppelkondensatoren anwenden!) nicht nur den Gleichlichtanteil (Tageslicht), sondern auch tiefere Frequenzen (Netzfrequenz) weitgehend abriegeln.

Daneben gibt es ein weiteres Verfahren, das ohne Lampenmodulation auskommt und der Vollständigkeit wegen genannt sein möge. La kann hierbei mit Gleich- oder Wechselspannung gespeist sein, FW reagiert dennoch auf beide – Fremdlichteinflüsse werden damit also nicht unterbunden! Dagegen kommen die übrigen Vorteile der Empfängerseite, die sich aus der Wechselspannungsverstärkung ergeben (Stabilität durch Fortfall der Gleichstromkoppelung) weiterhin zur Geltung. Das Prinzip beruht darauf, das auf FW auftreffende Licht zu „zerhacken“ (Chopper-Verfahren), also am Empfangsort direkt in eine Wechselspannung überzuführen. Anwendungstechnisch entspricht eine solche NF-Chopper-Lichtschranke einer einfachen Gleichlichtschranke, schaltungstechnisch kann man jedoch größere Verstärkung und damit höhere Lichtempfindlichkeit erreichen. Dieses Verfahren (in [6], dort Bild 1 und 2, beschrieben) eignet sich daher vorzugsweise für Schranken mit schwacher (= stromsparender) Lampe und großer Lichtweglänge.

In vielen Anwendungsfällen wird gefordert, daß eine kurze Lichtunterbrechung ein bleibendes Signal bewirken soll

(etwa Schutzschalt- und Alarmschranken). Die Lichtschranke muß dann mit einer „Selbsthaltung“ versehen sein. In der Schaltung nach Bild 3 wäre über einen Arbeitskontakt des Relais Rel, das ständig angezogen ist, solange der Strahl FW trifft, die Spannung für R und FW zuzuführen. Bei Lichtausfall (Lampendefekt wird also stets gemeldet) fällt Rel ab und schaltet die Spannung für FW ab, so daß Wiederverkehr des Lichtes wirkungslos bleibt. Ähnlich kann man bei jeder anderen Schrankenschaltung verfahren, selbst bei einfachsten Ausführungen. (Bild 1: Bei Verwendung als Schrankenempfänger ist Rel ständig gezogen, bei Rel-Abfall schaltet ein rel-Kontakt eine der FW-Zuleitungen ab. Wiedereinschalten erst durch Überbrücken des Relaiskontakts mittels Einschalttaste.)

Bei Flimmerlichtschranken nach Bild 3 besteht eine elegante Möglichkeit, ein Wiedereinschalten durch Unbefugte zu verhindern: Rel schaltet bei Abfall nicht FW, sondern La ab. Der Empfänger von FW bis Rel bleibt betriebsbereit, jedoch erlischt La bei Strahlunterbrechung; Wiedereinschaltung kann dann nur mit einer neben La gehaltenen Hilfslichtquelle erfolgen, die, wie La + MV aufgebaut, batteriegespeist ist und auf etwa gleicher Frequenz arbeitet. Mit ihr bringt man den Empfänger wieder zum Ansprechen. Unbefugte dürften kaum eine solche spezielle „Einschalt-hilfslampe“ zur Hand haben.

2.2.2. Die Lichtschranke als Zählshranke

Verzichtet man bei einer Lichtschranke auf Selbsthaltung und ersetzt man Rel durch ein Zählwerk, so registriert dieses die Anzahl der Strahlunterbrechungen. In dieser Form ist die Lichtschranke als Stückgut- oder Personen-zähleinrichtung weit verbreitet. Zu Zählwerken mechanischer Art, die fast immer ausreichen – der Amateur benutzt häufig ausrangierte Postgesprächszähler, die sich für nicht zu schnelle Zählungen (Größenordnung bis etwa 10 Imp/s gut eignen –, sind in [4] nähere Angaben zu finden. Spezielle mechanische Zählwerke können bis etwa 100 Imp/s zählen; darüber hinaus benutzt man elektronische oder kombiniert elektronisch/elektromechanische Zählgeräte [5]. Solche Impulszähler gestatten Zählgeschwindigkeiten bis 10^6 Imp/s und mehr.

Wichtig bei Zählstrahlen ist, daß sie schnell genug reagieren; dagegen treten meist nur kurze Lichtweglängen auf, und es kann mit ausreichend starkem Strahl gearbeitet werden, so daß Fremdlicht- und Temperaturprobleme keine so große Rolle spielen. Zu beachten ist jetzt in erster Linie, abgesehen von der Trägheit des eigentlichen Zählwerks oder Impulszählers, die Trägheit (Grenzfrequenz) des lichtempfindlichen Organs. Fotowiderstände auf CdS- oder PbS-Basis sowie Selenelemente eignen sich daher nur für geringe Geschwindigkeiten (je nach Typ und Art 20 bis 100 Imp/s max.). Statt dessen kommen (außer Fotozellen, die für den Amateur weniger Bedeutung haben und allenfalls im Zusammenhang mit Thyristor- oder Thyatronschaltungen sinnvoll sind) vorwiegend Fotodioden in Frage, gegebenenfalls auch Fototransistoren, und zwar je nach Typ bis etwa 10^5 Imp/s und mehr. Bei schnellen Zählstrahlen geben die Lichtempfänger sehr kurze, unter Umständen durch Flankenverformung ungünstige Impulse ab; der nachgeschaltete Verstärker sollte deshalb eine Schmitt-Trigger-Stufe [5] enthalten, damit ein exakter Rechteckimpuls am Empfängeranfang für den Zähler gewährleistet wird. Beim Aufbau des Empfängers ist zu beachten, daß eine Zählgeschwindigkeit von z. B. 10^5 Imp/s die Übertragung eines Rechteckimpulses mit einer Frequenz von 100 kHz bedeutet. Um die Impulsform zu wahren, muß die „Verdrahtung“ daher für Frequenzen um 1 MHz, also nach HF-technischen Gesichtspunkten, ausgelegt sein. Im Amateurbereich sind derart hohe Zählgeschwindigkeiten zwar relativ selten, trotzdem sollte man sich über die Tatsache der Trägheit von Lichtempfänger und Zähler sowie über die auftretenden Größenordnungen auch der Impulsfrequenz sowie über die aufbaumäßig zu ziehenden Konsequenzen klar sein.

Bei Stückgut- oder Personenzählungen o. ä. muß Vorsorge getroffen werden, daß nicht mehrere Objekte zugleich oder ohne Zwischenraum den Strahl passieren können, sie werden sonst als 1 Objekt gezählt. Ein sehr instruktives Beispiel für Vereinzelung und Zählen kleiner Objekte gibt [1]. Bei Personenzählungen – etwa durch eine Tür eintretende Personen – genügt ein schmales Laufgelenk, das jeweils nur eine Person passieren läßt, nicht mit Sicherheit. Auch ein Drehkreuz (Dreh Türen sind Drehkreuze „von Haus aus“) genügt allein nicht mehr. Eine Kombination von beiden

kann das Problem jedoch auch für starken Personenandrang lösen. Höhe der Lichtschranke über Boden bei Personenzählanlagen: Etwa Hüfthöhe, sonst kann durch zufällige Arm- oder Beinbewegung Mehrfachzählung einer Person erfolgen. Optische Probleme sind bei Zählshranken selten, lediglich für das Zählen kleiner oder transparenter Objekte wird man einen möglichst eng gebündelten Lichtstrahl oder einen auf geringe Helligkeitsunterschiede ansprechenden Lichtempfänger anwenden müssen. Etwaige Relais oder Elektromagnete sind bei Zählshranken mit Parallelschutzdioden zu versehen, falls sie von Transistoren angesteuert werden. Maßnahmen wie Kondensator C (Bild 1) setzen die Zählgeschwindigkeit erheblich herab, trotzdem genügt eine einfache Ausführung nach Bild 1 und 2 bereits für Personenzählanlagen an Eingängen. Dabei kann Rel eventuell direkt das mechanische Zählwerk (Postgesprächszähler) sein.

2.2.3. Die Lichtschranke als Zeitmeßschranke

Zeit- und Geschwindigkeitsmessungen lassen sich mit 2 Lichtschranken durchführen. Anwendungen bieten sich im Sport (Wettläufe usw.) und im Verkehrswesen (Geschwin-

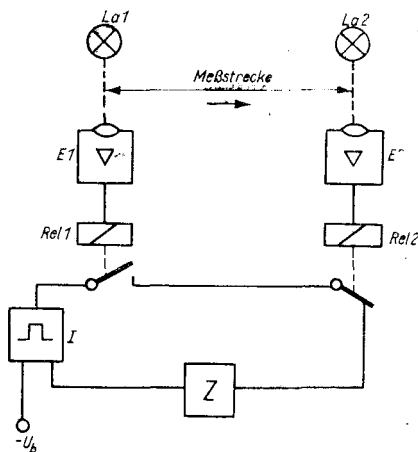


Bild 4
Prinzipaufbau der
Zeitmeßlichtschranke

digkeitskontrollen). Bild 4 zeigt das Prinzip. Zwischen der Startlichtschranke mit La1, E1, Rel1 und der in zweckentsprechendem Abstand aufgestellten Zielschranke (La2, E2, Rel2) befindet sich die Meßstrecke, die in Pfeilrichtung durchlaufen bzw. durchfahren wird. Dabei löst zunächst Lichtempfänger E1 bei Unterbrechung seines Strahles Rel1 aus, womit der Stromkreis für Zählwerk Z über dieses Relais geschlossen wird. Nach Durchfahren der Meßstrecke spricht E2 mit Rel2 an, wobei Rel2 den Stromkreis für Z wieder auftrennt. Beide Lichtschranken müssen mit einer Selbsthaltung (2.2.1.) versehen sein. Da die Lichtunterbrechung sehr kurzzeitig sein kann, kommt vorzugsweise eine rein elektronische Selbsthaltung in Frage, die die Schranke blockiert, auch wenn Rel infolge seiner Trägheit noch nicht abgefallen ist. (Schaltbeispiel in [5].) Im Prinzip kann man die an Rel auftretende Spannung zur Ansteuerung eines Transistors mitbenutzen, der dann z. B. FW in der Schaltung nach Bild 3 sofort kurzschließt.

Wesentlicher Bestandteil ist der Impulsgenerator I, der Rechteckimpulse konstanter und bekannter Frequenzen erzeugt. Seine Frequenzkonstanz beeinflusst die Meßgenauigkeit direkt. Die während der Schließzeit beider Relaiskreise (Bild 4) am Zähler Z wirksam werdenden Impulse sind das Zeitmaß für die Geschwindigkeit des die Meßstrecke durchquerenden Objekts. Gibt I z. B. 1-kHz-Impulse ab, so entspricht jeder von Z registrierte Impuls 1 ms, bei 10 kHz entsprechend 0,1 ms usw. Hieraus und aus der Länge der Meßstrecke errechnet man die Geschwindigkeit, bzw. man liest sie bei geeignet gewählter Streckenlänge als Reziprokwert direkt an Z ab. Für Amateurzwecke kann man mit frequenzstabil aufgebautem Impulsgenerator, mechanischen Relais und Zählwerken (genügend lange Meßstrecke) durchaus auskommen. Bei kürzeren Meßstrecken oder hohen Geschwindigkeiten ergeben sich jedoch sehr kurze Meßzeiten, die zu hohen Zählimpulsfrequenzen (100 kHz oder mehr) bei I und entsprechend schnellem elektronischem Zählgerät Z zwingen. Relais sind dann wegen zu großer Schaltungsunauigkeit selbstverständlich nicht möglich. An ihrer Stelle benutzt man bistabile Multivibratorstufen oder Diodentorschaltungen [5], die entsprechend schnell arbeiten. Die Meßstrecke kann dann auf wenige Meter verkürzt werden. Der nach Bild 4 im Prinzip einfach erscheinende Aufwand ist jedoch in der Praxis erheblich. Je nach Anwen-

dungszweck muß der Amateur von der vorgesehenen Maximalgeschwindigkeit und der möglichen Meßstreckenlänge ausgehen und dementsprechend die minimal auftretende Meßzeit errechnen. Für eine Meßgenauigkeit von 1 % müssen in der kürzesten Meßzeit mindestens 100 Impulse gezählt werden; daraus resultiert die Mindesthöhe der Impulsfrequenz für I und Z. Erst jetzt kann man entscheiden, ob für Z und die Schranken noch die Verwendung elektromechanischer Bauteile und entsprechend einfacher Schaltungen möglich ist. Für den Impulsgenerator I, dessen Frequenz auch bei Temperaturschwankungen (Einsatz im Freien) auf 0,1 % genau gehalten werden muß, genügt also kein einfacher Multivibrator. Eine amateurgerechte Lösung ergibt sich durch Verwendung eines normalen LC-Sinusspannungsgenerators der entsprechenden Frequenz (1 kHz, 10 kHz oder 100 kHz) mit nachgeschaltetem Schmitt-Trigger, der die sinusförmige Spannung zu einer rechteckförmigen umformt. LC-Sinusgeneratoren für eine Festfrequenz gewährleisten, stabilisierte Speisespannung vorausgesetzt, die erforderliche Frequenzkonstanz, ohne daß besondere Temperaturkompensation nötig wird.

Bei Verwendung mechanischer Relais müssen Rel1 und Rel2 vom gleichen Typ sein und gleichartig angesteuert werden. Unter dieser Voraussetzung spielt ihre Trägheit keine Rolle, da Rel1 Z um den gleichen Betrag verzögert einschaltet, um den Rel2 abschaltet. Die Relaisansprechverzögerungen gehen dadurch nicht in das Meßergebnis ein. Die Meßgenauigkeit steigt mit der Meßzeit. Für Sportzwecke kann bei E1 ein akustischer Schalter mit Mikrofon (Startpistolknall) benutzt werden.

2.3. Optische Probleme bei Lichtschranken

2.3.1. Die Schrankenlampe

Der geeignete Lampentyp wird nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählt. Bei Batteriespeisung spielt der Stromverbrauch eine entscheidende Rolle (er überwiegt meist den gesamten Stromverbrauch der Empfängerseite). Durch gute optische Lichtausnutzung (Bündelung; vgl. 2.3.4.1.) wird man Lampentypen mit geringstmöglichem

Leistungsverbrauch anstreben. Die dadurch bedingte (leicht realisierbare) hohe Empfängerempfindlichkeit, besonders bei langem oder mehrfach geknicktem Strahlverlauf, läßt jedoch das Problem des *Fremdlichteinflusses* auftreten (deshalb s. Bild 3, Flimmerlichtschranken).

Bei Netzbetrieb müssen je nach Anwendung die Möglichkeit von Netzspannungsausfall und dessen Auswirkung durchdacht werden; die Schranke spricht wie bei Strahlenunterbrechung an oder bleibt – wenn auch der Empfänger ohne Batteriepufferung netzgespeist ist – wirkungslos. Dagegen spielt der Lampenstrom jetzt kaum eine Rolle. Man kann also stärkere Lampen benutzen, die die optischen Probleme vereinfachen (Fremdlicht weniger störend, größerer Lichtverlust durch Strahlumlenkung oder mangelhafte Bündelung zulässig). Netzgespeiste Lampen sind mit einer 100-Hz-Modulation versehen, die man entweder ausnutzen kann (Flimmerlichtschranke) oder empfängerseitig unterdrücken muß. Bei schnell ansprechenden Schranken mit Schmitt-Trigger-Stufe und schwachem Licht kann es mitunter zu störendem Relaisbrummen am Empfängeranfang kommen. Maßnahmen ähnlich Bild 1 – je nach Empfängerschaltung – helfen dann ab.

Die Lampenleistung hängt von Fall zu Fall von den Gegebenheiten ab. Man wird jedoch stets Niedervoltlampen mit möglichst kleiner, auf engem Raum konzentrierter Glühwendel benutzen (annähernd punktförmige Lichtquelle anstreben), was Voraussetzung für eine gute Strahlbündelung ist. Aus dem gleichen Grund sollte man Lampen auswählen, deren Wendel exakt zentrisch sitzt. Besonders bei den als „Massenware“ hergestellten Taschenleuchten-Glühlampen sitzt die Wendel oft seitlich der Lampenachse; eine optimale Strahlbündelung ist dann meist nicht möglich – bei diesen Lampen eignet sich also nicht jedes Exemplar. Um die Lebensdauer der Lampe zu erhöhen, sollte sie grundsätzlich mit höchstens 70 % ihrer Netzspannung, je nach Leistungsreserve des Empfängers und Fremdlichtverhältnissen auch mit weniger betrieben werden. Bei entsprechender Strahlbündelung sowie empfängerseitig guter Empfindlichkeit und Fokussierung (2.3.4.3.) erreicht man je nach Umgebungsbedingungen schon mit dem Lampentyp 3,5 V/0,2 A (betrieben mit 2 bis 2,5 V) Schrankenlängen bis zu 10 m und mehr; dies gilt als grober Anhaltswert für geraden Strahl. Umlenkspiegel bringen meist erhebliche

Lichtverluste und zwingen dann zu stärkeren Lampen bzw. zu etwas höherer Betriebsspannung oder kürzerer Strahllänge.

2.3.2. Infrarotlicht – die „unsichtbare“ Schranke

Falls die Lichtschranke für das menschliche Auge unsichtbar bleiben soll, müssen zunächst Lampe und Empfänger bzw. dessen lichtempfindliches Organ unauffällig montiert werden. Trotzdem kann das immer vorhandene Streulicht die Schranke erkennen lassen, noch bevor der Strahl unterbrochen wird. In solchen Fällen benutzt man den Infrarotanteil der üblichen Glühlampen. Lampenseitig wird der Lichtaustrittsöffnung dazu lediglich ein Infrarotfilter vorgesetzt. Empfängerseitig ist die gleiche Maßnahme meist von Nachteil (Filter bedeuten Lichtverlust!) und nur sinnvoll, damit die Lichteintrittsöffnung als solche unkenntlich (scheinbar undurchsichtig) wird. Um übliche optische Teile (Linsen usw.) verwenden zu können, benutzt man das nahe Infrarot. Geeignete Filter werden als Infrarotfilter (Schwarzfilter; scheinbar undurchsichtig) im Fotozubehörhandel verkauft; sie sind jedoch wegen ihres für diesen Zweck unnötigen optischen Planschliffs zu teuer. Weitaus preisgünstiger sind die optisch ungeschliffenen Rohglas-Infrarotscheinwerfer-Filter, die man jedoch im Einzelhandel schwer erhält. Man fragt deshalb zweckmäßig beim Hersteller (VEB Jenaer Glaswerke Schott u. Gen., 69 Jena) nach Bezugsmöglichkeiten. Infrarotfotofilter werden außerdem von den im Fotofachhandel bekannten Filterherstellern (z. B. Fa. Arnz, Jena) in den Handel gebracht. In vielen Fällen – besonders bei schwachen und mit Unterspannung betriebenen Lampen sowie bei vorhandenem Fremdlicht – genügen auch schon die überall im Fotohandel erhältlichen tiefdunklen Rotfilter, die außer für Infrarot noch für einen Teil des sichtbaren Rotspektrums durchlässig sind.

Im übrigen bezieht sich der Begriff *unsichtbar* auf das menschliche Auge. Viele Tierarten können diesen Spektralanteil durchaus sehen (auch spezielle Fotofilmemulsionen vermögen das!), womit das Infrarotverfahren seinen Sinn verlieren kann!

Empfängerseitig ist die spektrale Empfindlichkeit des lichtempfindlichen Organs zu beachten. Selenfotoelemente eignen sich nicht dafür; Fotowiderstände auf Kadmiumsulfid-

basis (CdS-Typen) sind nur im nahen Infrarot bedingt einzusetzen, wobei man mit erheblich verringerter Empfindlichkeit rechnen muß. Bei CdS-Typen wird man daher Dunkelrotfilter anstatt Schwarzfilter vorziehen und auch empfängerseitig ein solches Filter vorsehen, da sonst für den sichtbaren Spektralbereich die volle Empfindlichkeit erhalten bliebe und damit Fremdlichteinflüsse weit mehr stören würden.

Vorzugsweise eignen sich für Infrarotlicht Germaniumfotodioden und Fototransistoren. Falls diese wegen ihrer Temperaturabhängigkeit ausscheiden müssen (bei Temperaturproblemen Flimmerlichtschränke in Erwägung ziehen; Prinzip Bild 3), kommt der für Infrarot bestimmte Bleisulfidfotowiderstand (PbS-Typen) in Frage. Schaltungstechnisch wird er ebenso wie der CdS-Fotowiderstand benutzt. Er ist wie dieser auch im sichtbaren Bereich empfindlich; sein Maximum liegt jedoch im Infrarotbereich. Da die Grenzfrequenz der PbS-Typen meist weniger als 100 Hz beträgt, scheiden sie für schnelle Schranken aus. In diesem Fall bleibt lediglich die Fotodiode.

Die Anwendung der Infrarotschränke hat für den Amateur relativ geringe Bedeutung; im wesentlichen kommt der Komplex der Raum- und Diebstahlssicherung in Betracht. Man bedenke beim Aufbau stets: Filter bringen Lichtverluste!

Der Aufwand für Infrarotfilter und für dadurch bedingte stärkere Lampen mit höherem Stromverbrauch wird für den Amateur nur in Sonderfällen lohnen.

2.3.3. Störsichere Verfahren

Lichtschränken können unbeabsichtigt (Fremdlichteinfall) oder absichtlich (Einstrahlen von Fremdlicht in den Empfänger) gestört bzw. außer Betrieb gesetzt werden. Das kann man verhindern.

Ist die Störungsart bekannt, so läßt sich gegen unbeabsichtigte Störungen bereits durch Auswahl der Schrankenart Vorsorge treffen; Tageslichteinflüsse vermeidet man durch Flimmerlichtschränken, die auf Gleichlicht nicht reagieren – solche Schranken sind auch mit Taschenlampen o. ä. nur bedingt zu beeinflussen.

Um absichtliche Störungen durch gewollt erzeugtes Fremdlicht zu unterbinden, kann man Lichtschranken entweder so auslegen, daß sie auf eine ganz bestimmte *Lichthelligkeit*, also nicht nur bei Strahlunterbrechung, sondern auf *Lichthelligkeitsänderungen* sowohl bei Steigerung als auch bei Fallen der Strahlhelligkeit reagieren (Brückenschaltungen ähnlich Bild 14; geeignete *Lichthelligkeits-Sollwertkontrollschaltungen* in [5]). Es gelingt kaum, mit fremden Lichtquellen die eigene Schrankenlampe im richtigen Moment mit richtiger Helligkeit durch eine fremde Lampe „zu ersetzen“. Allerdings ist dieses Verfahren gegen ungewolltes Fremdlicht sehr empfindlich, was dessen Anwendbarkeit erheblich einschränkt. Muß mit „normalem“ Fremdlicht (Tag/Nacht-Wechsel o. ä.) gerechnet werden, dann eignet sich die Flimmerlichtschranke – mit Lichtmodulation, Prinzip nach Bild 2 – besser. MV in Schaltung nach Bild 3 wird möglichst frequenzstabil ausgelegt (Sinusgenerator mit Leistungsendstufe, ähnlich *Lichttelefonie*). Empfängerseitig baut man den NF-Verstärker V frequenzselektiv entsprechend der Modulationsfrequenz (1 bis 2 kHz für Kleinschranken bis 0,2 A) auf (Schaltungshinweise in [5]). Eine „Imitation“ der Schrankenlampe gelingt dann nur mit einer frequenzgleich modulierten Lampe, wozu einmal diese Frequenz, zum anderen überhaupt die Tatsache, daß das Schrankenlicht moduliert ist – was man ihm ja nicht ansieht –, bekannt sein müßte. Auf Licht anderer Frequenz oder Gleichlicht spricht der Empfänger nicht an. Um Auslösung durch kurze Lichtimpulse zu vermeiden, kann die Gleichrichter- und Relaisstufe (Schaltung Bild 3) leicht verzögert (0,1 bis 0,2 s) ausgelegt werden (Prinzip nach Bild 1 bzw. ähnlich, je nach Empfängerschaltung). Da in der Regel empfängerseitig eine Sammellinse benutzt wird, müßte – wenn diese exakt justiert und das lichtempfindliche Organ klein ist – die „Störlichtquelle“ außerdem noch direkt an den Ort der Schrankenlampe bzw. in ihren Strahlengang gebracht werden. Eine frequenzselektive Flimmerlichtschranke mit exakter optischer Justierung ist daher gegen Fremd- und Störlichteinflüsse weitgehend immun und arbeitet zuverlässig.

Zur Betriebssicherheit siehe Abschnitt 3.4.

2.3.4. Die Strahlführung

2.3.4.1. Die Lampenanordnung

Das von der Schrankenlampe abgegebene Licht muß zunächst bei hoher Lichtausbeute optimal gebündelt, d. h. zu einem möglichst parallelen Strahl konzentriert werden. Vollständig erreichen ließe sich das nur mit einer ideal punktförmigen Lichtquelle. Da die Lampenwendel eine gewisse Ausdehnung hat, kann man jedoch nur eine annähernde Parallelität der Strahlen erzielen. Erste Voraussetzung deshalb: möglichst klein aufgebaute Lampenwendel. Zur Bündelung kommt prinzipiell eine Sammellinse oder ein Hohlspiegel in Frage. In jedem Fall ist der Hohlspiegel günstiger, da er erheblich höhere Lichtstärke ermöglicht. Neben Parabolspiegeln (Autoscheinwerfern, Fahrradscheinwerfern) eignen sich als optimale Lösung für alle Amateuranwendungen Taschenlampen-Hohlspiegel. Wenn es die Platzverhältnisse am Montageort erlauben, sind Stablampenspiegel um 5 bis 10 cm Durchmesser zu bevorzugen. Nur in Ausnahmefällen wird man kleinere Spiegel benutzen, wenn die damit mögliche Lichtstärke ausreicht. E-10-Kleinlampen verwendet man gleich mit der zugehörigen Fassung. Durch axiales Verschieben der Lampe (an vielen Stablampen einstellbar) erreicht man, daß sich die Lampenwendel im Brennpunkt befindet und die anzustrebende, möglichst kleine und helle Lichtfläche entsteht. Bild 5a verdeutlicht dies schematisiert. Außer dem erwünschten Parallelstrahlbündel verläßt aber noch das direkt von der Lampe kommende Streulicht den Spiegel. Dieses geht – außer bei tiefen Parabolspiegeln – ohnehin verloren, kann aber durch Blendwirkung bzw. Sichtbarkeit sehr stören. Man setzt deshalb den Spiegel mit Lampe zweckmäßig in einen kurzen Tubus (Bild 5b); Tubuslänge etwa gleich Spiegeldurchmesser oder ein wenig mehr. Der Tubus enthält gegebenenfalls eine gitterförmige Anordnung von dünnen Lamellen aus beliebigem lichtundurchlässigem Material (Lampenwärmeeinfluß beachten!), wie Bild 5b zeigt. Dieses Lamellengitter schwächt das Parallelstrahlenbündel nur wenig, jedoch deckt es sämtliche Lichtstrahlen, die von der Hauptstrahlrichtung um einige Winkelgrade abweichen, völlig ab. Tubusinnenwand und Lamellen sind geschwärzt. Streulicht kann auf diese Weise weitgehend unterbunden

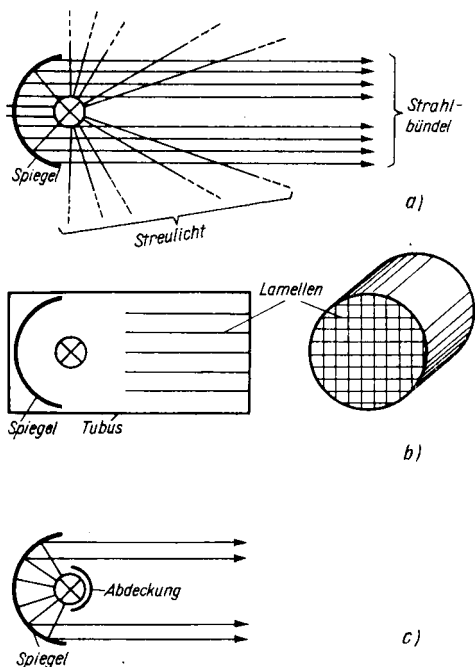


Bild 5 Zur Strahlbündelung bei der Schrankenlampe; a – Lampe im Brennpunkt, gute Bündelung, jedoch starkes Streulicht, b – Anordnung von Lampe und Spiegel im Lamellentubus zur Unterbindung des Streulichtaustritts, c – andere Möglichkeit zur Streulichtabschirmung

werden. Eine andere Möglichkeit für geringere Bautiefe zeigt Bild 5c. Die Glühlampe wird dabei mit einer (möglichst reflektierenden) Abdeckung der zum Empfänger gerichteten Seite versehen, so daß sie nur den Sammelspiegel anstrahlen kann. Die Abdeckung verhindert den Austritt des in Bild 5 a angedeuteten Streulichts und reflektiert dieses zum Teil zusätzlich in den Spiegel, was Lichtgewinn bedeutet. Praktisch erreicht man die Abdeckung durch Aufbringen einer Alufolieschicht oder durch Silberbronzeanstrich auf den Lampenkolben. Spezielle Niedervolt-Projektionslampen für Foto- und Filmzwecke sowie einige Scheinwerfer-Niedervoltlampen haben bereits ab Hersteller solche

Abdeckungen. Ihre Lampenleistung ist jedoch meist viel zu hoch für Lichtschranken. Immerhin sollte der Amateur sich solche Lampen (in Foto-Kino- und Kfz.-Fachgeschäften!) auf mögliche Eignung hin ansehen.

Bild 6 verdeutlicht die Bedeutung exakter Lampenjustierung im Brennpunkt des Spiegels. Bei exzentrisch versetzter Lampenwendel „schielt“ der Spiegel, die Strahlrichtung fällt nicht mit seiner optischen Achse zusammen. Da dies einen ovalen, verwaschenen und nicht exakt einstellbaren Lichtfleck am Empfängerort ergibt (erheblicher Lichtverlust und Streulicht), hilft in diesem Fall auch ein Schwenken des gesamten Spiegels mit Lampe nicht. Bild 6 a zeigt die durch Fassungsjustierung oder Lampenwechsel gegebenen Möglichkeiten. Befindet sich die Lampenwendel in der optischen Achse, so müssen Lampe und Spiegel gegeneinander verschoben werden, bis die Lampe im Brennpunkt sitzt. Sowohl vor als auch hinter dem Brennpunkt angeordnet (Bild 6 b und 6 c), verursacht sie ein divergierendes Strahlenbündel und damit einen vergrößerten Licht-

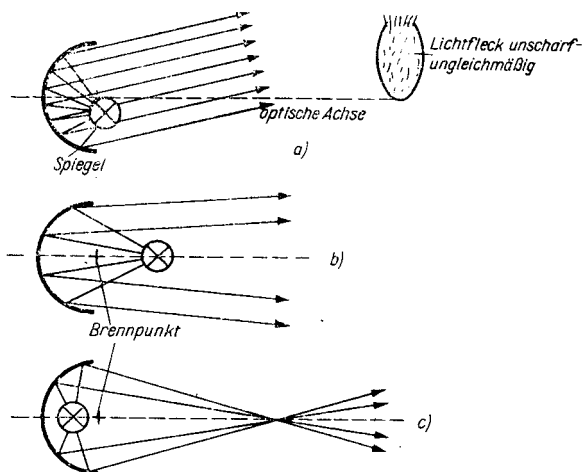


Bild 6 Zur Strahlbündelung bei der Schrankenlampe; a – Lampe exzentrisch angeordnet, schlechte Bündelung, Spiegel „schielt“; b – Lampe vor dem Brennpunkt, schlechte Bündelung; c – Lampe hinter dem Brennpunkt, ebenfalls schlechte Bündelung. Die Fehler nach b und c können zusammen mit a auftreten

fleck am Empfängerort, was wiederum Lichtverlust bedeutet.

Die Justierung der Lampe im Spiegel muß also sehr genau erfolgen. Man nimmt zu diesem Zweck an Stelle des Empfängers ein weißes Blatt Papier und stellt auf diesem durch Verschieben der Lampe im Spiegel den Lichtfleck auf geringsten Durchmesser, gleichmäßige Form und maximale Helligkeit ein. Innerhalb dieses Lichtflecks muß dann das Empfängerorgan bzw. dessen Sammellinse angeordnet werden. Bei Infrarotschranken wird ohne Filter in der gleichen Weise justiert, und das Filter wird erst zuletzt aufgesetzt; das gilt auch für einen eventuellen Lamellentubus nach Bild 5 b. Während der Justierarbeiten betreibt man die Lampe mit voller Nennspannung, damit besseres Erkennen möglich ist.

2.3.4.2. Umlenkspiegel – das „Strahlengatter“, der Tripelspiegel

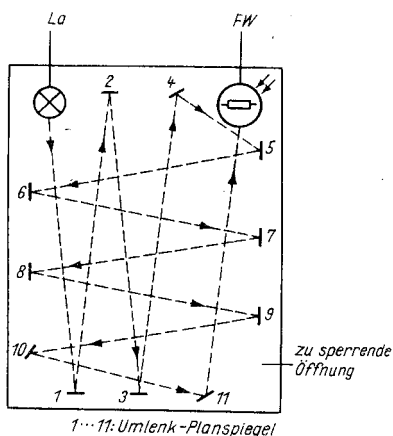
Häufig besteht die Aufgabe, eine größere Fläche (Arbeitsöffnung einer Maschine, Fensteröffnung o. ä.) so mit Lichtschranken zu sichern, daß ein Vorbeigleiten neben dem Lichtstrahl unmöglich wird. Der Aufwand für mehrere Lichtschranken dicht nebeneinander ist (außer bei *Mehrheitslogik*, 3.4.1. und [1], für erhöhte Betriebssicherheit) meist nicht gerechtfertigt. Man benutzt daher eine einzige Lichtschranke und lenkt ihren Strahl mittels kleiner Planspiegel in geeigneter Weise um.

Als Planspiegel für Amateurzwecke eignen sich besonders Taschenspiegel, die aber nicht zu klein sein sollen. Sind sie wesentlich kleiner als der Lichtstrahldurchmesser, so fällt am Spiegel eine erhebliche Lichtmenge vorbei und geht verloren, was neben Zwang zu höherer Empfängerempfindlichkeit und Gefahr, daß dieser dadurch fremdlichtanfälliger wird, auch unangenehme Streulichterscheinungen bei den Planspiegeln ergibt. Wichtig ist stets eine bestmögliche Strahlbündelung. Werden mehrere Spiegel zur Umlenkung benutzt, so können diese – da sich der Strahl mit zunehmender Weglänge allmählich verbreitert – in Lampennähe kleiner sein als in Empfängernähe. Meist wird man Kompromisse schließen müssen. Geeignete Spiegelformen sind rund (etwa 10 cm Durchmesser) oder quadra-

tisch ($5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ bis $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$). Ihre Oberfläche soll möglichst plan sein (beim Einkauf normaler Taschenspiegel auf geringe Glaswelligkeit hin aussuchen). Bild 7 zeigt ein extremes Beispiel für die Anwendung von Umlenkspiegeln (bei denen man sich auf möglichst wenige beschränken soll!). Angenommen ist eine zu „vergitternde“ Öffnung von etwa $1\text{ m} \times 1,5\text{ m}$. Lampe La symbolisiert die Anordnung nach Bild 5, FW den Empfänger. Der gebündelte Strahl wird in diesem Fall über 11 Planspiegel geführt! Unter Berücksichtigung der Spiegellichtverluste – zwangsläufig wird an fast jedem Spiegel etwas Licht „vorbeitreffen“ und verlorengehen – ergibt sich im Beispiel eine effektive anzusetzende Gesamtlichtweglänge (Schrankenlänge) von 20 bis 25 m, was der Amateur mit E-10-Glühlampe, Taschenlampenhohlspiegel und Planumlenkspiegeln der genannten Größe mit Hilfe der ihm geläufigen Schaltungen gerade noch verwirklichen kann. Im allgemeinen reichen bereits weniger Umlenkspiegel aus.

In gleicher Weise kann man auch horizontale Flächen (Raumsicherung) „vergittern“. Die Umlenkspiegel müssen einzeln nacheinander sehr sorgfältig justiert und unverrückbar befestigt werden: Ein einziger sich in seiner Lage verändernder Spiegel legt das gesamte System lahm! (Justierung s. unter 2.3.4.4.)

Bild 7
Anordnung
der Umlenkspiegel
für ein Strahlengatter



Alle bisher beschriebenen Schranken haben einen Nachteil: räumliche Trennung von Lampe und Empfänger. Außerdem müssen beide Organe jeweils optisch exakt aufeinander ausgerichtet sein. Für einfache, geradlinig verlaufende Lichtschranken gibt es jedoch einen „optischen Kniff“ in Gestalt des *Tripelspiegels* (Dreifachspiegelreflektors). Der Tripelspiegel ermöglicht es, Lampe und Empfängerteil in einer Baueinheit zusammenzufassen und im gemeinsamen Gehäuse einmalig fest zu justieren. Der Tripelspiegel bildet dann den Gegenpunkt der von Fall zu Fall ortveränderlichen Lichtschranke und braucht nicht besonders justiert zu werden. Hierin besteht sein entscheidender Vorzug. Ein Tripelspiegel hat die Eigenschaft, jeden Lichtstrahl exakt in der Einfallsrichtung zu seinem Ursprungsort zurückzuspiegeln. Bild 8 zeigt den Aufbau schematisch. Er besteht aus 3 kleinen Rechteckplanspiegeln ($5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ bis $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$), die in geeignetem Halterahmen unter genau 90° zueinander montiert sind und die 3 Ebenen eines Kubus bilden, wobei die Spiegelflächen innen liegen (Bild 8 a). Die Rechtwinkligkeit (90°) muß sehr genau eingehalten werden (stabile Rahmenhalterung). Bild 8 b zeigt die optische Funktion in einer Ebene skizziert für 2 angenommene, aus verschiedenen Richtungen einfallende Lichtstrahlen 1 und 2. Man erkennt, daß Doppelspiegelung nach dem bekannten Gesetz *Einfallswinkel gleich Austrittswinkel*

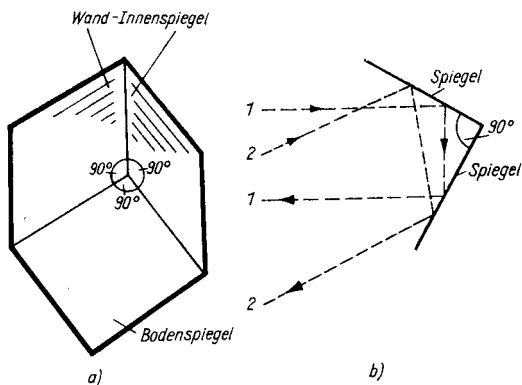


Bild 8 Der Tripelspiegel; a – Aufbau, b – zur Erläuterung der Funktion (Strahlengang nicht winkelgetreu)

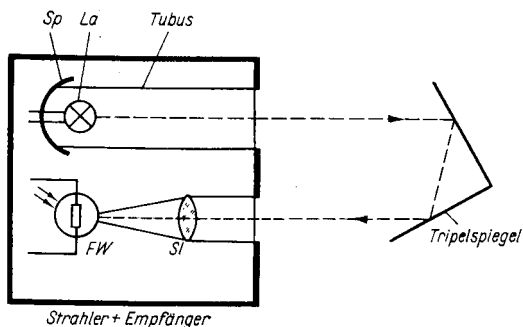


Bild 9 Lichtschranke mit Tripelspiegel; sämtliche elektrischen Bauteile sind in einem Gehäuse vereint und justiert. Gut geeignet für transportable Lichtschranken. Der Tripelspiegel kann von mehreren Schranken zugleich angestrahlt werden!

kel erfolgt und jeder Strahl in seine Einfallsrichtung zurückreflektiert wird. Beim Tripelspiegel (Bild 8 a) ergibt sich entsprechend Dreifachspiegelung. Die Wirkung ist die gleiche. Bild 9 zeigt die Gesamtanordnung einer solchen Schranke. Strahler mit Lampe, Sammelspiegel Sp und Tubus sowie Empfänger, angedeutet durch Fotowiderstand FW mit Sammellinse Sl, sind mit genau paralleler „Blickrichtung“ dicht nebeneinander in einem Gehäuse angeordnet. Das Gerät strahlt den (vereinfacht dargestellten) Tripelspiegel an, der wegen seiner speziellen Eigenschaft nicht besonders zum Strahlerempfänger hin ausgerichtet sein muß. – Es genügt, wenn dessen Licht seine Spiegelwände in nicht allzu spitzem Winkel trifft. Diese Anordnung ist besonders für Geländeeinsätze geeignet. Man stellt den Tripelspiegel passend auf; der Strahlerkomplex wird nach Sicht auf den Tripelspiegel gerichtet. Damit ist die Schranke bereits betriebsbereit. Zum Schrankenendpunkt (Tripelspiegel) führen keinerlei Kabel; alle Geräte sind auf einer Seite vereinigt; die bei einfachem Planspiegel notwendige Justierung und stabile Lagefixierung entfällt.

2.3.4.3. Empfänger

Geeignete Schaltungen für Empfänger bzw. Verstärker und Schalteinrichtungen enthält u. a. [5], daher wird nur der

optische Teil bis zum lichtempfindlichen Organ betrachtet. Der eintreffende Lichtstrahl dürfte oftmals relativ schwach sein, er kommt aber aus einer definierten Richtung. Abschattung unerwünschten Fremdlichts, das aus anderen Richtungen eintrifft, ist daher möglich (vorausgesetzt kleiner Lichttubus; in schwierigen Fällen mit Lamellengitter wie Bild 5 b). Bei sehr geringem Lichteinfall kann man auch empfängerseitig mit Sammelspiegel (Hohlspiegel) arbeiten; in Schaltung Bild 5 a und 5 b tritt dann der Fotowiderstand oder die Fotodiode an Stelle der Lampe (Blickrichtung des Bauelements in den Spiegel, nicht zur Lampe hin!). Allerdings muß das Bauelement selbst dann einen relativ großen möglichen Lichteinfallwinkel haben, da es – Bild 5 a – über einen Winkel von mehr als 100° angestrahlt wird. Bei Fotowiderständen sowie Fotodioden mit eingeschmolzener Kugellinsenkappe bereitet das jedoch Schwierigkeiten. Man greift daher besser zur Sammellinse und ordnet in ihrem Brennpunkt das Fotoelement an. Durch die Linse ergibt sich außer dem erwünschten geringen Einstrahlwinkel auch eine kleinere Aufbauform des Empfängerorgans. Da die Linse die Strahlampe (Lichtquelle) auf dem Fotoelement (FW, Diode o. ä.) abbildet, kann ein Streulichtschutztubus klein und kurz sein oder auch ganz entfallen; bzw. man verwendet eine rückseitig geschlossene Hülse und ordnet in ihrer Öffnung etwas vertieft die Sammellinse an und an deren Boden, zentrisch und axial verschiebbar, das fotoelektronische Bauelement. Durch dieses Verschieben erfolgt die Einjustierung auf den Brennpunkt der Linse. Dazu im nächsten Kapitel noch Hinweise.

Als Sammellinse eignen sich auch alle preiswerten Erzeugnisse; die optische Güte spielt kaum eine Rolle (z. B. kleine Leselupen, Taschenlupen, Fadenzählerlupen o. ä. mit Durchmesser um 10 bis 30 mm; größer nur für extrem lange oder lichtschwache Schranken). Als Faustregel für den Normalfall kann gelten, daß die Brennweite – Entfernung Linse bis Brennpunkt – etwa das 1,5fache bis 2fache des Linsendurchmessers betragen soll. Für großflächige Lichtempfänger (Selen- und einige CdS-Typen mit mehr als etwa 3 bis 5 mm^2 wirksamer Fläche) wählt man gegebenenfalls längere Brennweiten, damit sich die Schrankenlampe im Brennpunkt auf der fotoelektrischen Schicht etwas größer abbildet; für extrem kleine Abbildung (etwa Emitterpunkt bei „selbstgefertigten“ Fototransistoren in Glasgehäusen)

werden dagegen kurze Brennweiten benutzt. Kürzere Brennweite entspricht bei gleichem Linsendurchmesser höherer Lichtstärke; man erkennt sie bei Anwendung als „Vergrößerungsglas“. Geeignete Sammellinsen bzw. Lupen gibt es preiswert in allen Optikerläden. Die Brennweite läßt sich beim Kauf überschlägig feststellen, indem man auf einem weißen Papierblatt eine möglichst punktförmige Lichtquelle (Glühlampe), die einige Meter entfernt sein muß, mit der Linse zur scharfen Abbildung bringt (ändern des Abstands Papier zu Linse!). Der Abstand bei scharfer Abbildung der Lichtquelle entspricht etwa der Brennweite; in der Papierebene befindet sich später annähernd der Lichtempfänger. Aus der Abbildungsgröße kann man, wenn die abgebildete Lichtquelle klein ist (Glühlampe einer Deckenbeleuchtung o. ä.), bereits auf die Eignung für den vorgesehenen Lichtempfänger schließen. Für die bei Amateuren weitverbreiteten Lichtempfänger-Bauelemente (Fotodiode, Fototransistor und Kleinfotowiderstand – *CdS* 6 u. ä.) liegen die günstigen Brennweiten um etwa 5 bis 7 cm und Linsendurchmesser um etwa 3 bis 4 cm (übliche Leselupen). Eine Sonderstellung nehmen größere Fotowiderstände (*CdS* 8 z. B.) ein, die etwas längere Brennweiten erfordern, sowie großflächige Selenfotoelemente, deren Wirkfläche mit $> 1 \text{ cm}^2$ so groß ist, daß eine Lichtbündelung mit Linse im allgemeinen sinnlos wird. Bei diesen verzichtet man ganz darauf und arbeitet nur mit Lamellentubus (Bild 5 b), jedoch evtl. ohne Spiegel (dann Schichtseite zur Tubusöffnung gekehrt). Selenfotoelemente eignen sich deshalb nur bedingt für Lichtschranken und für kurze bzw. helle Schranken ohne viel Fremdlicht. Ihr Anwendungsbereich ist vorzugsweise der Dämmerungsschalter.

2.3.4.4. Hinweise zum Justieren der Strahlführung

Die Lampenjustierung wurde unter 2.3.4.1. bereits beschrieben (Hilfsmittel dafür am Empfängerort ein weißes Papierblatt als „Projektionsschirm“). Erst wenn diese Justierung beendet und der Strahl exakt auf den Empfänger ausgerichtet ist, kann empfängerseitig das fotoelektrische Bauelement im Brennpunkt der Sammellinse befestigt werden. Dies geschieht mit dem Originalschrankenlicht (ggf. Lampenspannung auf Nennwert erhöhen). Man setzt dem foto-

elektrischen Bauelement ein kleines Papierblättchen auf, das in der Mitte ein Loch als Lichtdurchtrittsöffnung hat. Diese Öffnung darf nicht größer sein als die effektive Fläche des Bauteils (allgemein 2 bis 3 mm Durchmesser). Mit einem Klebstofftropfen auf das Bauteil aufgeklebt, beläßt man das Papierblättchen für spätere Nachjustierungen dort. Man hat nun rund um den „Zielpunkt“ – die Öffnung mit direkt dahinter und möglichst in Papierebene liegender wirksamer Zone des Bauelements – eine kleine „Projektionsebene“, auf der zunächst durch Schwenken des ganzen Empfängers die Schrankenlampe als Lichtpunkt oder als kleiner Lichtfleck abgebildet wird. Die „Zielöffnung“ soll sich auf der optischen Achse der Linse befinden, was man zunächst ausreichend genau durch „Augenmaß“ feststellt. Der dicht neben der Öffnung abgebildete Lichtfleck ist durch axiales Verschieben von Linse und Bauelement (mit Papierblättchen) scharf auf maximale Helligkeit und Kleinheit einzustellen. In dieser Lage wird das Ganze fixiert. Durch Schwenken des Empfängers oder durch geringes seitliches Verschieben des fotoelektrischen Elements läßt man nun den Lichtpunkt in die „Zielöffnung“ fallen.

Ohne diese Einstellhilfe gestaltet sich die Justierung schwierig, weil man die Brennpunkteinstellung innerhalb des Bauelements meist nur sehr schlecht, daneben gar nicht erkennen kann. Werden Umlenkspiegel benutzt, so justiert man zunächst die Lampe, wie beschrieben, aber auf entsprechend langer gerader Strecke, und richtet sie auf Spiegel 1 (Bild 7) aus. Da dieser das Licht „weiterreicht“, kann man *auf* dem Spiegel kaum erkennen, ob er zentrisch im Lichtstrahl liegt. Deshalb hält man *hinter* den Planspiegel einen weißen Karton und richtet die Lampe so, daß der *Spiegelschatten* in der Mitte des von der Lampe erzeugten Lichtflecks sitzt. Die Lampe wird nun arretiert. Jetzt nimmt man den Planspiegel 1 als „Lampe“, schwenkt ihn – ohne Standortveränderung – und visiert mit dem von ihm reflektierten Licht Spiegel 2 an. Dabei bildet man wiederum den Spiegelschatten auf einem hinter den Spiegel gehaltenen hellen Karton so ab, daß er in Strahlmitte liegt. Sinngemäß verfährt man so, bis der letzte Umlenkspiegel auf den Empfänger eingerichtet wird. Erst in diesem erfolgt die Brennpunktjustierung.

Alle optischen Bauteile, insbesondere Lampe und Empfän-

gerteil, müssen danach unverrückbar montiert werden. Mit der Zahl der anzuwendenden Umlenkspiegel wachsen nicht nur die Lichtverluste, sondern auch die Möglichkeiten für eine spätere Dejustierung. Umlenkspiegel sollte man deshalb verdeckt und gegen zufälliges Anstoßen geschützt montieren. Für die Justierung genügen stabile Metallstreben, die durch Schrauben gehalten und in diesen geschwenkt werden können; nach erfolgter Justierung ist allerdings eine einwandfreie Schraubensicherung oder ein Verkleben mit Epoxydharz oder Lack ratsam. Ebenfalls sicher fixiert wird das fotoelektrische Bauelement im Empfänger. Lediglich die Lampenfassung behält – im Hinblick auf späteren Lampenwechsel – ihre Verstellbarkeit. Ein Tropfen Lack genügt zur Sicherung.

2.4. Einige Bemerkungen zu Lichtschrankenwendungen

2.4.1. Schutzgattersicherungsschranken

Vielseitig verwendbar sind Lichtschranken für Arbeitsschutzzwecke. In solchen Fällen ist selbstverständlich die *Betriebszuverlässigkeit* erste Forderung, andernfalls wird aus dem Sicherheits- ein Unsicherheitsfaktor. Lichtschranken für solche Anwendung müssen daher sorgfältig durchdacht werden. Die Temperaturabhängigkeit der Lichtempfänger ist besonders zu berücksichtigen. Auch bei der höchsten zu erwartenden Temperatur darf es nicht vorkommen, daß durch steigende Halbleiterrestströme u. ä. vorhandener Lichteinfall vorgetäuscht wird, obwohl der Strahl unterbrochen ist! Beachtet werden muß weiterhin unvorhergesehener Fremdlichteinfluß durch etwaige ortsveränderliche Arbeitsplatzbeleuchtung usw. (Ggf. Flimmerlichtschranken und – im Hinblick auf mögliche Relais- und sonstige Bauteilausfälle – *Mehrheitslogik* nach [1] bzw. 3.4.1. anwenden!) Andererseits hüte man sich vor überflüssigem Aufwand, sowohl aus ökonomischen als auch aus Gründen der Zuverlässigkeit. Ein Beispiel, wie man *nicht* verfahren sollte: Es handelte sich um eine Werkzeugmaschinensicherung, deren Prinzip etwa Bild 10 entsprach. Die zu „vergatternde“ Öffnung war durch eine ganze Anzahl parallel

angeordneter Einzellichtschranken gesichert, jede mit eigener Lampe La und eigenem Empfängerteil (FD, Verstärker Vst, Abschaltrelais Rel). Im Normalfall hatten alle Relais gezogen; ihre Kontakte rel in Serie schlossen den Stromkreis für den Verbraucher V (ein Schaltschütz, das bei Unterbrechung eines der Strahlen und Abfall des zugehörigen Rel die Maschine stillsetzte). Als Lichtempfänger wurden Fotodioden benutzt, die an Vst gleichstrommäßig angekoppelt waren. Den erheblichen Temperaturgang dieser Bauelemente hatte man einigermaßen ausreichend durch übermäßig starke Lampen La ausgeglichen.

Eine einfachere, dazu betriebssicherere Lösung wäre gewesen, eine einzige Schranke mit Umlenkspiegeln (gemäß Bild 7) anzuwenden und an Stelle einer Fotodiode einen *Fotowiderstand* zu benutzen. Der Aufwand an Bauelementen wäre dadurch erheblich gesunken, die Zuverlässigkeit entsprechend gestiegen.

Verschmutzung von Umlenkspiegeln oder Lampenausfall führt zur Stillsetzung der Maschine – die Schutzfunktion geht nicht verloren.

Eine andere mögliche Lösung wäre gewesen, Fotodioden mit Flimmerlichtlampen und Wechselspannungsverstärkung zu benutzen; zwar bedeutet auch das mehrfachen Materialaufwand, doch man hätte dann 3 getrennte Schranken dicht nebeneinander und parallel mit Umlenkspiegeln (gemäß Bild 7, La und FW dreifach dicht nebeneinander, Umlenkspiegel nur je einfach) anordnen und ausgangsseitig nach dem Prinzip der 2-aus-3-Mehrheitslogik schalten können. Bei einem vergleichbaren Aufwand (Bild 10) hätte sich eine Steigerung der Betriebszuverlässigkeit um mehrere Größenordnungen gegenüber der eingangs genannten Ausführung ergeben! Die Lösung nach Bild 10 ist also ungünstig; sie wäre im einfachsten Fall bei mindestens gleicher bzw. höherer Zuverlässigkeit und weit geringerem Aufwand durch eine Vorrichtung nach Bild 11 zu ersetzen. Der längere Lichtweg ergibt auf FW geringere Lichtintensität, was man in diesem Fall zulassen kann, da Fotowiderstände gegenüber Fotodioden (FD in Bild 10) vernachlässigbar geringen Temperaturgang aufweisen.

Zu beachten ist bei Sicherungsschranken, daß man diese mit Selbsthaltung ausrüstet. Die zu sichernde Maschine muß auch bei kurzzeitiger Strahlunterbrechung abgeschaltet werden, bis sie von Hand wieder eingeschaltet wird! Extreme

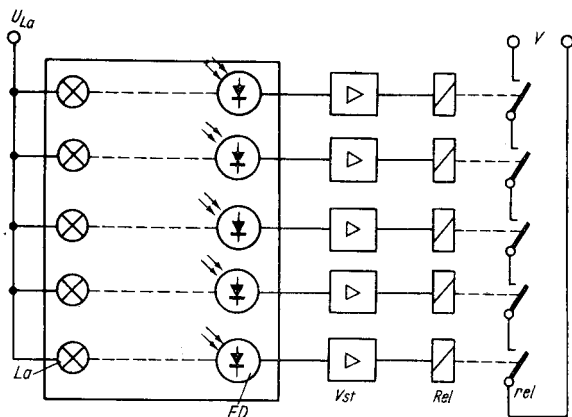


Bild 10 Unvorteilhafte Anordnung eines Strahlenschutzgatters

Schnelligkeit ist für solche Fälle nicht erforderlich (Verwendung von Fotowiderständen deshalb möglich, Ansprechzeiten von 0,1 s und weniger genügen; sie lassen sich noch leicht erreichen; allerdings dürfen keine Verzögerungen ähnlich Bild 1 angewendet werden; das Relais benötigte

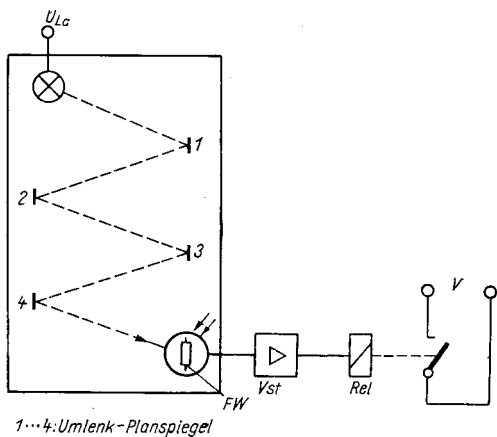


Bild 11 Verbesserte Anordnung nach Bild 10

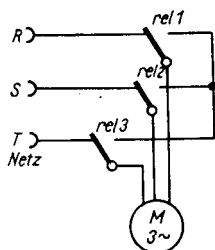


Bild 12
Schnellstopp von Motoren
durch Kurzschlußbremsung

dann eine Parallelschutzdiode). Die Schranke spricht ohnehin viel schneller an, als die abzuschaltende Maschine gebremst werden kann. Maßnahmen für Maschinenbremsung betreffen also in erster Linie diese selbst (Möglichkeiten: Magnetbremse, ausgelöst von der Lichtschranke, o. ä. konstruktive Zusätze zur Schnellbremsung), nicht die Lichtschranke.

Eine einfache Möglichkeit, kleinere Aggregate (Drehstrom-Motorantriebe bis etwa 1 kW) schnell zu bremsen, deutet auch Bild 12 an. Motor M ist über 3 Umschaltkontakte rel 1 ... rel 3 an das Netz angeschlossen. Bei Strahlunterbrechung fällt Rel ab, und rel 1 ... rel 3 trennen den Motor nicht nur vom Netz, sondern schließen ihn kurz. Durch Wirbelstrombremsung (Selbstinduktion im Motor, dessen Ständer ja im Abschaltmoment noch remanenten Magnetismus aufweist) ergibt sich auf diese Weise – zusätzlich zu eventuellen anderen Bremsvorrichtungen – vom Motor her eine Bremswirkung.

2.4.2. Türöffner

Für automatische Türöffnungsanlagen sind Lichtschranken ebenfalls bekannt und verbreitet (Eingänge öffentlicher Gebäude, wie Hoteleingänge, „Kellnerlichtschranke“ für Durchgang Gaststättenraum zur Küche usw.). Solche Anlagen müssen meistens 2seitig arbeiten. Voraussetzung ist eine motor- oder magnetangetriebene Schwenktür, die nach beiden Seiten aufschlagen kann, sowie beiderseits in 2 bis 3 m (oder mehr) Abstand vor der Tür (je nach ihrer Öffnungsgeschwindigkeit) je eine Lichtschranke. Eine sehr interessante und in ihrer Grundidee instruktive Variante, die

als typisch für industrielle Lösungen dieser Art angesehen werden kann, ist in [7] beschrieben, ihr Studium sei dem an Türöffneranlagen Interessierten empfohlen! – Unter mehreren möglichen Lösungen bietet sich für den Amateur eine Konzeption nach folgenden Überlegungen an: Die herantretende Person löst vor der Tür eine Schranke aus, was das Öffnen der Tür bewirkt; Überschlagsrechnung anstellen, ob Türmechanismus auch bei schnell gehenden Personen die Tür rechtzeitig voll öffnet. Es liegt nahe, die andere Schranke zum Auslösen des Schließvorgangs zu benutzen. Schaltungstechnisch ließe sich dies für „2-Richtungsverkehr“ lösen (1. Impuls, gleich, von welcher Schranke, ergibt Öffnung, 2. Impuls bewirkt Schließung; Realisierung z. B. durch Relais-„Wiederholschaltung“, bistabilen Multivibrator o. ä., Beispiele in [5]). Praktisch jedoch bleibt es wertlos, weil damit gerechnet werden muß, daß die Person vor Erreichen der Tür umkehrt oder sich eine zweite Person von der anderen Seite oder hinter der ersten Person nähert und das Schließen der eben geöffneten Tür bewirkt, während die erste Person vor dieser oder in ihrem Schwenkbereich ist. Dies könnte zu Unfällen führen. Anwendung einer Öffnungszeitverzögerung allein ergibt ebenfalls noch keine brauchbare Lösung, da man auch mit sehr langsamem Durchschreiten rechnen muß. Doch lassen sich die beiden angedeuteten Verfahren kombinieren. Danach wären beide Schranken „gleichberechtigt“, d. h., ein 1. Schrankenimpuls bewirkt die Öffnung, ein 2. Impuls von der gleichen oder anderen Schranke setzt nun einen Zeitschalter in Betrieb, der erst einige Zeit (Sekunden) später die Türschließung bewirkt. Tritt in dieser Zeit ein 3. Schrankenimpuls auf, z. B. durch Hinzutreten einer weiteren Person, so wird der Zeitschalter gestoppt und die Anlage in den Zustand wie beim 1. Impuls zurückversetzt. Dadurch ist ein versehentlich vorzeitiges Schließen weitgehend unterbunden, da meist eine gerade Zahl von Impulsen auftreten wird und somit am Ende der Zeitschalter, dessen Ablauf die Türschließung bewirkt, in Betrieb tritt. In dem seltenen Fall, da 2 Personen hintereinander die Schranke vor der Tür durchqueren, muß der Zeitschalter lange genug verzögern, damit beide Personen die Tür passieren können. Passieren jedoch nach Durchschreiten der Tür beide Personen zufällig nebeneinander die 2. Schranke, so würden sie dort als eine Person (= 3. Impuls) registriert, und die

Tür bliebe offen. Gegen diesen seltenen Fall kann man sich durch „Vereinzelung“ der Personen (schmale Passage, Laufgitter) oder, technisch eleganter, durch einen 2. Zeitschalter sichern. Dieser 2. Zeitschalter schließt die Tür nach etwa 1 min, sofern zu diesem Zeitpunkt der 1. Zeitschalter, mit dem zusammen er anläuft, abgelaufen ist. Durchquert inzwischen eine weitere Person eine Schranke und gibt damit den 4. Impuls ab, so ist die Anlage ohnehin wieder „im Tritt“.

Ein solcher Türöffner besteht dann aus 2 Lichtschranken, aus Relais-schaltung oder bistabilem Multivibrator und aus 2 Zeitschaltern, deren Ausgänge (Relaiskontakte) sinnrichtig verknüpft sind. (Anwendungsfälle: Kellnerdurchgänge, Garagen- und Werkhalleneinfahrten, dann Person = Fahrzeug!) Auch hier kann zur Erhöhung der Betriebssicherheit die jeweilige Schrankenart modifiziert werden (Flimmerlichtschranke bei starkem Fremdlichteinfluß, besonders gute optische Bündelung und empfängerseitige Fokussierung durch Linse; 2-aus-3-Verfahren, falls Fehlschaltung der Tür erhebliche Unfallgefahr birgt usw.). Das Beispiel des Türöffners läßt erkennen, daß scheinbar einfache Aufgabenstellungen unter Umständen doch zu relativ komplizierten Automaten zwingen können.

Man muß daher beim Entwurf solcher und ähnlicher Anlagen stets alle Eventualitäten „in Gedanken durchspielen“ und nach Möglichkeit zuvor Beobachtungen am geplanten Einsatzort anstellen, damit man alle auftretenden „Betriebsfälle“ einzuplanen vermag. Einmal übersehene Möglichkeiten lassen sich nachträglich nur noch schwer berücksichtigen.

Als Anregung für den Leser und als Beispiel für das Gesagte: Bei der Konzeption ist jener Fall nicht erfaßt, daß eine Person aus irgendwelchen Gründen längere Zeit in der Tür stehenbleibt und eine weitere (oder Zeitschalter 2) trotzdem das Schließen bewirkt. Eine dritte, zweckmäßig diagonal durch den ganzen Türschwenkbereich geführte Schranke könnte als „Erkennungskriterium“ unmittelbar vor der Türschließung dienen, ob sich wirklich niemand mehr im Türschwenkbereich befindet. Diese 3. Schranke sollte tiefer als die beiden Schaltschranken beiderseitig der Tür angeordnet sein, um ggf. herabgefallenes Stückgut zu erfassen und auch in diesem Fall die Türschließung zu verhindern. Jedoch sind auch andere Lösungen denkbar.

2.4.3. Die „Fotofalle“

In der Film- und Fototechnik (Sportfotografie, wissenschaftliche Beobachtungen, Tierfotografie usw.) wird die Lichtschranke oft zum automatischen Auslösen von Kameras (mit handelsüblichen oder selbstgebauten Magnetauslösern, bei Filmkameras Schaltung des Kameramotorstromkreises über Zeitschalter usw.) benutzt. Hier sollen einige technische Grundsätze erwähnt werden, die man bei diesem Anwendungsfall oft übersieht.

Zunächst ist der Temperaturstabilität besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Fotofallen sind oft tagelang im Freien in Betrieb und dabei besonders den tages- und jahreszeitlichen Temperatur- sowie Klimaschwankungen unterworfen; sie müssen ohne Nachstellvorgang zuverlässig über weite Temperaturbereiche arbeiten. Da oft auch erhebliche Schrankenlängen auftreten und starke Lampen wegen des Batteriebetriebs, der dabei die Regel ist, ausscheiden, sind Flimmerlichtschranken (Prinzip Bild 3) zu empfehlen. Für schnell reagierende Schranken muß die Modulationsfrequenz dann allerdings meist sehr hoch liegen (5 kHz, mehr ist mit Kleinlampen bis max. 0,1 A kaum möglich). Man kann jedoch auch mit Gleichlicht (Fremdlichteinfluß beachten, Lamellentubus vor dem Empfängerorgan!) arbeiten, wenn optimale optische Lichtbündelung möglich ist. Das bedeutet eine reine Justierungs- und damit Montagefrage (Standfestigkeit der Geräte im Gelände); hier wird der Tripelspiegel (2.3.4.2.) besonders wertvoll. Sich sehr schnell bewegendende Objekte (Tiere, insbesondere Vögel und Insekten) unterbrechen den Lichtstrahl oft nur 1 ms oder weniger. Die Lichtschranke muß also sehr schnell ansprechen. Damit eine sichere Kameraauslösung erreicht wird, ist der Schaltimpuls für den Auslöser bzw. schon für das Schrankenrelais zu verlängern. Dazu benutzt man eine monostabile Multivibratorstufe [5]. Diese kürzesten Lichtunterbrechungen wirken verzögert um die Trägheit des Kameramechanismus (gegen den die Schrankenträgheit vernachlässigbar kleingehalten werden kann, wenn man mit modernem Kleinrelais arbeitet), was bei der Einstellung der Aufnahmeebene des Kameraobjektivs (Schärfentiefe und Entfernungseinstellung) zu beachten ist.

Die Kamera wird auf die aufzunehmende Stelle eingerichtet und diese mit der Lichtschranke „abgeriegelt“. Um den

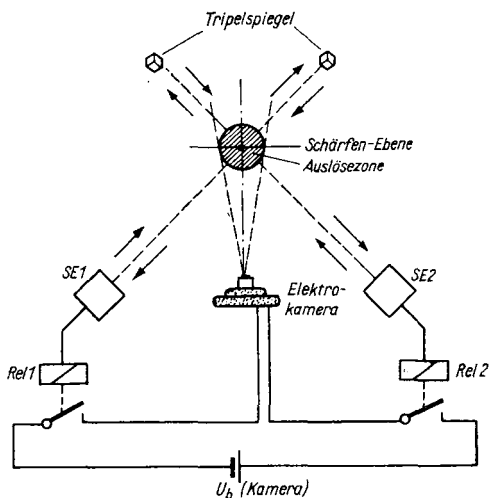


Bild 13

Die Koinzidenzlichtschranke als Punktlichtfotofalle

Auslösebereich auf den Blickwinkel der Kamera zu verringern, ohne die Schrankenlänge verkürzen zu müssen, kann man nach einem von Tölke angegebenen Verfahren [8] das Prinzip der *Punktlichtfalle* anwenden (funktionell gesehen, ein Koinzidenzverfahren). Bild 13 erläutert dieses Prinzip.

Dabei sind Tripelspiegel angenommen, was jedoch nicht Voraussetzung ist; man kann auch ohne Spiegelung mit getrennten Schrankenlampen arbeiten. Die beiden Schrankenlampen wären dann an die Stelle der Tripelspiegel zu setzen. In Bild 13 wurden Strahler und Empfänger in einer Ausführung entsprechend Bild 9 angenommen; es sind 2 Geräte SE 1, SE 2 vorhanden. Sie werden so ausgerichtet, daß sich ihre Strahlen in einem Punkt bzw. in einem kleinen Lichtkreis schneiden, der der Auslösezone entspricht und auf den die Kamera eingestellt ist (Schärftiefe der Kamera betrachten!). Für diese Einstellung leistet wiederum ein in die Schärfenebene gehaltener weißer Karton gute Dienste; man bringt auf ihm beide Lichtkegel

zur Deckung. In entsprechendem Abstand dahinter setzt man dann die Tripelspiegel, deren Ort man wiederum mit dem weißen Karton „sucht“. SE 1, SE 2 müssen also relativ zueinander justiert sein (Schnittpunkt); auch deshalb spart der Tripelspiegel erheblich Justierarbeit, da sonst 4 Orte optisch genau zu bestimmen wären.

Batterie U_b (vereinfacht dargestellt) speist die Kamera bzw. ihren Elektroantrieb; U_b ist bei professionellen Filmkameras, bei Kleinbildkameras mit Elektroaufzug oder bei Magnetauslöser und Federmotor die ohnehin vorhandene Fernauslöserbatterie. Wie ersichtlich, kann die Kamera nur reagieren, wenn beide Schranken zugleich ansprechen – das ist aber nur der Fall, wenn ein Objekt innerhalb der Auslösezone beide Lichtstrahlen zugleich unterbricht. Die Größe der Auslösezone hängt ab vom Lichtstrahldurchmesser und von der lichtempfängerseitigen Fokussierung und kann mit diesen Mitteln verändert werden. Außerhalb dieser Zone spricht stets nur ein Empfänger an, was wirkungslos bleibt. Praktisch gelingt es ohne Mühe, bei Schrankenslängen von 10 bis 20 m (mit Tripelspiegel) Auslösezeiten mit einem Radius von 30 bis 50 cm zu schaffen. Im übrigen benötigt man keine 2 vollständigen Lichtempfängerschaltungen. Man erreicht den gleichen Effekt, wenn bei SE 1, SE 2 z. B. nur die lichtempfindlichen Organe vorhanden sind (etwa 2 Fotowiderstände mit Linsen und Lamellentubus). Sie können gegebenenfalls parallelgeschaltet werden, so daß die gesamte nachfolgende Schaltung (Verstärker, eventuell Impulsverlängerer, Schaltrelais Rel) nur einmal vorhanden zu sein braucht. Allerdings muß dann beachtet werden, daß bei Unterbrechung eines Strahles (außerhalb der Auslösezone) die an den Schaltverstärker abgegebene Signalstärke (im Beispiel: Strom von den Fotowiderständen) auf 50 % zurückgeht, wobei der Schaltverstärker noch nicht ansprechen darf. Deshalb und auch im Hinblick auf Temperatureinflüsse empfiehlt sich die Verwendung eines Schwellwertschalters (etwa Lichtschrankenschaltung mit Schmitt-Tigger), dem, falls erforderlich, ein Impulsverlängerer (monostabiler Multivibrator) nachgesetzt wird. Die Einrichtung enthält dann nur 1 kleines, schnelles Kameraschaltrelais, so daß sich auch schnell bewegende Objekte erfassen lassen, soweit es die Trägheit der Kameraauslösung selbst zuläßt (Schaltungsmaterial in [5], praktische Anwendung eingehend in [8]). Für die Geräte-

ausführung mit Ausnahme des Relais bietet sich vollständig Gießharzverguß an [3]. Übrigens kann man auch die Tripelspiegel rückseitig mit Gießharzlaminate kleben und versteifen. Eine Stativbefestigungsmutter je Tripelspiegel wird dann gleich mit aufgeklebt. Einkapseln der Tripelspiegel in Gehäuse ist entbehrlich, optisch sogar von Nachteil; dagegen sollte im Freigeländeeinsatz ein kleines „Dach“ über jedem Spiegel nicht vergessen werden, damit nicht etwa ein herabfallendes, im Tripel liegenbleibendes Blatt die Schranke lahmlegt.

2.5. Andere Lichtanzeige- und Lichtmeldeanwendungen

2.5.1. Rauchkontrolle durch Transparenzvergleich – Dreipunktanzeiger

Soweit Netz- oder Transverterspeisemöglichkeit besteht, ergeben sich für eine phasenabhängige Brückenschaltung mit optischer Anzeige zahlreiche Möglichkeiten bei einfacher, zuverlässiger Schaltung (Bild 14), Funktion beschrieben in [11], in abgewandelter Form auch in [5].

In der Ausführung nach Bild 14 werden beide Fotowiderstände FW1, FW2 von einer gemeinsamen Lichtquelle La 3 beleuchtet. Dabei kann La 3 auch Gleichspannungsspeisung, Tageslicht o. ä. sein; besondere Konstanz ist nicht erforderlich. FW 1, FW 2 bilden mit den beiden Netztrafoteilwicklungen eine Brückenschaltung, in deren Quersweig der Indikatorverstärker T 1...T 3 liegt.

Zu seiner Funktion sowie zur Einstellung von R 2 (Ansprechempfindlichkeit) und R 3 (Arbeitspunkt) sagen die genannten Quellen Näheres; mit R 1 kann das Brückengleichgewicht eingestellt werden, bzw. je nach Anwendungsfall läßt sich R 1 als geeichtes Ablesorgan benutzen. Kommt die Brückenschaltung aus dem Gleichgewicht, so leuchtet je nach Seite der Abweichung entweder La 1 oder La 2 auf. Bei eingehaltenem Sollwert sind beide Lampen dunkel.

Man kann mit dieser Anordnung einen Transparenzvergleich vornehmen (Bild 15 zeigt das optische Prinzip dafür). Angenommen sei die Kontrolle einer durchlaufenden transparenten Folie etwa bei der Kunststoffherstellung. La 3

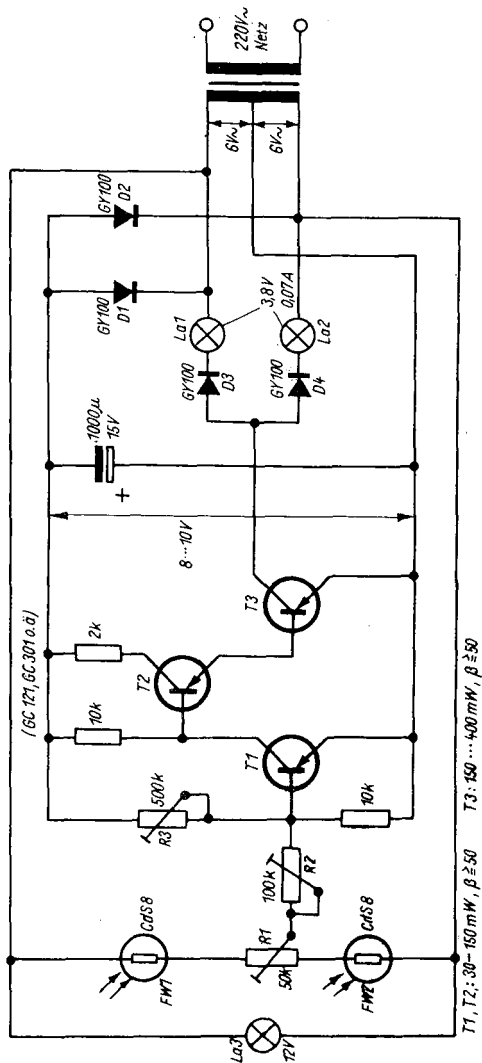


Bild 14 Brückenschaltung für Transparenz- und Helligkeitsvergleiche mit Dreipunktanzeige. Die Fotowiderstände FW können auch durch andersartige Geber oder Meßfühler ersetzt werden; statt Netzspeisung ist auch Batteriebetrieb mit Transverter [5] möglich

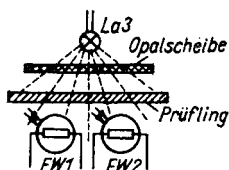


Bild 15
Optische Anordnung
für Transparenzkontrollen
nach Bild 14

stellt durch Beleuchtung einer Opalscheibe einen gleichmäßig beleuchteten Hintergrund (z. B. $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$) bereit. Von ihm erhalten FW 1, FW 2 gleiche Beleuchtungsstärke, so daß die Brücke (Bild 14, nach Abgleich mit R 1), im Gleichgewicht ist und La 1, La 2 erloschen sind. Weist der Prüfling Fehler (ungleiche Transparenz oder Dicke usw.) auf, so ergeben sich für FW 1, FW 2 ungleiche Lichtwerte. Die Brücke kommt aus dem Gleichgewicht, La 1 oder La 2 leuchtet auf. Wird die in Bild 15 als Prüfling bezeichnete Schicht nur über FW 2 geführt und wird vor FW 1 ein „Transparenznormale“ fest angeordnet, so registrieren die Anzeigelampen La 1, La 2 Abweichungen von diesem Normal; ob in Richtung stärkerer oder schwächerer Transparenz, das weist die entsprechende Lampe aus. La 1, La 2 können im übrigen auch Relais (mit Parallel-elkos, zum Vermeiden von Relaisbrummen) sein und dann als Steuerorgane unmittelbar in vorhandene Regelkreise eingreifen [1]. Ordnet man an Stelle des „Prüflings“ (Bild 15) einen küvettenähnlichen Rauch- oder Abgaskanal vor dem einen FW, ein entsprechendes Graufilter vor dem anderen FW an, so kann die Rauchdichte kontrolliert bzw. mit einem Normal verglichen werden. Je nach Einstellung der Schaltung können bereits geringste (oder erst erhebliche) Rauchdichteabweichungen gemeldet (R 2 in Bild 14) bzw. kann deren Betrag am geeichten R 1 nach „Nullabgleich“ abgelesen werden. In ähnlicher Weise kontrolliert und vergleicht man Konzentrationen farbiger oder trüber Flüssigkeiten mit einem Normal (Anwendungsbereiche: Chemieindustrie oder Haemometrie im medizinischen Labor). Weitere Anwendungsbereiche erschließen sich dieser vielseitigen Schaltung, wenn man die Fotowiderstände durch andere Fühlerorgane ersetzt. So lassen sich Temperatursollwertkontrollen [5] oder relative Temperaturvergleiche durchführen – beide FW sind dann durch Heiß-

leiter zu ersetzen. La 3 entfällt. Die Schaltung kann ferner zur Auswahl „paariger“ (also im relativen Wert gleicher) Widerstände oder Kondensatoren (nicht Halbleiter!) benutzt werden, wobei La 1, La 2 anzeigen, ob Wertgleichheit besteht oder welcher der beiden bei FW 1, FW 2 angeschlossenen Prüflinge den höheren Wert hat. Besonders aktuell ist diese Möglichkeit wegen ihrer Unabhängigkeit vom Absolutwert in weiten Grenzen.

Tandempotentiometer oder Doppeldrehkondensatoren, mit ihren beiden Hälften an Stelle von FW 1, FW 2 angeschlossen, können durch einfaches Durchdrehen und Beobachten der Anzeigelampen auf Gleichlauf sehr schnell geprüft werden. Auch die Symmetriepfung der Teilwicklungen von Transistorübertragern mit 2 gleichen Wicklungen (für Treiber, Endstufen, Transverter usw.) ist auf diesem Wege ohne großen meßtechnischen Aufwand möglich. Für diese Zwecke eignet sich die Schaltung als Serienprüfgerät.

2.5.2. Farbtemperaturvergleiche

Der Begriff der Farbtemperatur (in $^{\circ}\text{K}$ = absolute Temperatur) ist außer im Bereich des Farbfernsehens vor allem für Fotoamateure und für die Filmtechnik von Bedeutung. Die Farbtemperatur (auf nähere Definition muß verzichtet werden) ist, vereinfacht ausgedrückt, ein Maß für die „Farbe“ eines Lichtes, oft auch nicht exakt als „Farbton“ bezeichnet. In der Fotografie wird die Farbtemperatur mit Belichtungsmesser durch getrennte Messung der Intensität vom Rot- und Blau-Anteil des Lichtspektrums vorgenommen; entsprechende Filtervorsätze (Fa. Arnz, Jena, z. B. *Colortester*-Filter) sind als Fotozubehör im Handel. Freilich gelten solche Überschlagsmessungen nur für kontinuierliche Lichtspektren, wie sie etwa Glühlampen abgeben, nicht aber für Leuchtstoff-, Gasentladungs-, Lumineszenzlichtquellen! Unter Voraussetzungen, wie sie auch in der Farbfilmtechnik üblich sind und sie z. B. für die Anwendung des Arnz-*Colortesters* sowie ähnlicher Geräte und Filterzusätze gelten, kann ein elektronischer Farbenvergleich mit der in Bild 14 gezeigten Schaltung durchgeführt werden. An die Stelle des Prüflings in der Schaltung nach Bild 15 tritt jetzt ein entsprechendes Rot-Blau-Meßfilter

– beliebig zusammengestellte Rot- und Blau-Filterscheiben sind natürlich nicht geeignet –, und je nach spektraler Zusammensetzung des zu kontrollierenden Lichtes tritt entweder auf FW 1 oder auf FW 2 höhere Lichtintensität auf. Bild 16 zeigt die Anordnung; zu beachten ist die optische Trennung beider FW gegeneinander mit Trennwand. Foto-farbstestfilter sind meist so abgestimmt (die Rot-Blau-Filter-scheibe bildet eine Einheit), daß gleiche Lichtintensitäten auf beiden FW bei einer dem Tageslicht entsprechenden Beleuchtung auftreten. Die zur Filterscheibe mitgelieferte Tabelle gibt meist Farbtemperaturwerte in °K an; sonst empfiehlt sich Anfrage beim Filterhersteller. Für abweichende Lichtfärbungen kann man am Anzeigegerät (Bild 14) R 1 so abgleichen, daß bei Soll-Lichtfarbe La 1 und La 2 erloschen sind. Bei Änderung der Lichtzusammensetzung zeigen die Lampen an, ob die Beleuchtung „kälter“ oder „wärmer“ als normal ist. Anwenden läßt sich dieses Prinzip außer zur direkten Lichtkontrolle für fotografische oder künstlerische Zwecke (Beurteilung vorhandenen Lichtes zur Abschätzung von Farben!) auch zur Kontrolle farbiger Gegenstände (Lackierungen, Stoff- und Chemiekalienfarben usw.). In diesem Fall ist allerdings für eine gleichbleibende Beleuchtung (Glühlampe mit elektronisch konstantgehaltenem Brennstrom, besser Xenonlampenbeleuchtung) zu sorgen.

Transparente Medien können wieder zwischen der farbkonstanten Lichtquelle und der Filterscheibe vorbeigeführt werden, wobei sie nacheinander die Rot- und Blau-Hälfte passieren. Bei undurchsichtigen Prüflingen (lackierten Blechen, Kunststoffen) strahlt man das Objekt farbkonstant an und kontrolliert das vom Prüfling reflektierte Licht mit einer Anordnung nach Bild 16 (gegen Direkteinstrahlung der Beleuchtung durch Blenden abschirmen!). Auch dabei können in Fertigungsstraßen an Stelle von La 1, La 2 Relais mit Parallelelkos direkt Korrektursignale für den

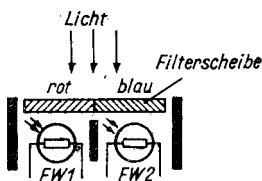


Bild 16
Optische Anordnung
für Farbtemperaturkontrollen
nach Bild 14

Herstellungsprozeß abgeben (Anwendungen für Mischungsverhältniskontrolle farbiger Flüssigkeiten, Farbkontrolle in der Textilindustrie, in Lackierereien usw.).

2.5.3. Brandmelder auf optischer Basis

Für Brandmeldungen (in Wohn- und Arbeitsräumen, Lagerhallen usw.) kann man neben Verfahren, die auf Wärmeentwicklung oder Rauch ansprechen, auch optische Verfahren verwenden, die auf Feuerschein reagieren. Es handelt sich dabei im Grunde genommen um *Lichtmeldegeräte*. Man wendet eine Schaltung gemäß Bild 14 an, die sogar bei vorhandener Raumbeleuchtung funktionsfähig bleibt, wenn FW 1, FW 2 so installiert sind, daß beide vom Raumlicht gleich stark getroffen werden und jeder FW in Nähe einer brandgefährdeten Stelle angeordnet ist. Ausbrechendes Feuer läßt die Brücke aus dem Gleichgewicht kommen, weil dann gleich starke Beleuchtung beider FW nicht mehr besteht. In ausgedehnten Lagerräumen ermöglichen La 1, La 2 dann zusätzlich das Erkennen der Brandstelle. Andere Lösungen für Licht- und Wärmenachweisgeräte zeigt [5]. Zusätzlich ist in Bild 17 noch dargestellt, daß Schaltungen, die aus anderen Gebieten bekannt sind und die dort Nachteile aufweisen, auf scheinbar abwegigen Gebieten vorteilhaft wirken können. FW in Bild 17 sei zunächst nicht vorhanden. Dann haben wir die bereits von Bild 1 bekannte Variante eines Dämmerungsschalters vor uns – falls kurzzeitiges Fremdlicht harmloser Natur (Fahrzeug-

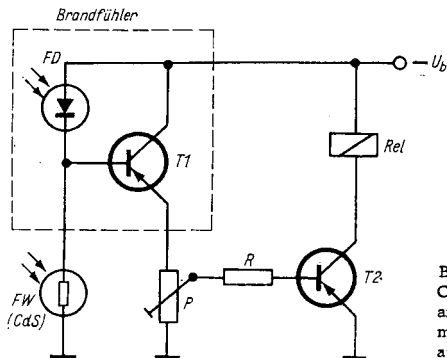


Bild 17
Optisch-thermo-
ansprechender Brand-
melder mit Fremdlicht-
ausschaltung

lichter durch Fenster!) stört, kann in Schaltung nach Bild 17 ebenso wie bei Bild 1 eine leichte Verzögerung mit C erreicht werden. Lediglich der Fotowiderstand FW ist jetzt durch eine Fotodiode FD ersetzt. Fotodioden sind wie alle Germaniumdioden stark temperaturabhängig. FD wird in Sperrichtung betrieben; ihr Reststrom steigt mit der Temperatur und auch bei Lichteinfall auf FD. Dadurch wirkt die Fotodiode gleichzeitig als *Licht- und Temperaturmelder*. Die Ansprechgrenze wird mit P eingestellt, so daß die Raumtemperatur allein noch keine Auslösung bewirkt. Da Transistor T1 ebenfalls einen Temperaturgang aufweist, wird er zweckmäßig zusammen mit FD installiert und unterstützt den Übertemperatur-Meldeeffekt. Diese Schaltung spricht daher sowohl auf Licht (Feuerschein) als auch auf zu hohe Raumtemperatur an. Um ein Auslösen durch Raumbeleuchtung zu vermeiden, kann man die Schaltung durch die Raumbeleuchtung selbst (etwa eine Deckenleuchte) blockieren, und zwar mit einem FW, der – optisch gegen den übrigen Raum abgedeckt – von der Raumbeleuchtung angestrahlt wird, wenn diese eingeschaltet ist. Er schließt dann die Basis von T1 ausreichend gegen Masse kurz, so daß ein Ansprechen durch das Raumlicht, das FD trifft, verhindert wird. Durch geeignete Abstandswahl oder Teilabschirmung von FW kann man erreichen, daß diese Blockierung nur so weit reicht, zusätzlich auftretendes Licht bei FD oder Übertemperatur trotzdem noch zu melden. FW reduziert dabei nur die Ansprechempfindlichkeit des Geräts auf das für Raumbeleuchtung erforderliche Maß. Bei ausgeschaltetem Raumlicht arbeitet FD mit voller Empfindlichkeit. Der Nachteil dieser bestehend einfachen Meldeeinrichtung, die sehr empfindlich ausgelegt werden kann, besteht darin, daß Defekt an FD, T1, U_b -Ausfall und ähnliche Gerätestörungen nicht gemeldet werden, daß der Ausfall der Warneinrichtung also unter Umständen unbemerkt bleibt. Man sollte daher aus Sicherheitsgründen mehrere solcher Melder vorsehen, deren Relaiskontakte parallelzuschalten sind. Fällt wirklich einmal ein Melder aus, so alarmieren die übrigen vorhandenen Melder. Prüfung von Zeit zu Zeit geschieht einfach durch Anleuchten von FD. Vorteil dieser Schaltungslösung ist die Möglichkeit des netzunabhängigen Batteriebetriebs bei sehr geringem Ruhestromverbrauch; ratsam ferner Dauerkontrolle (dazu s. 3.4.4.).

2.5.4. Anzeigesirene für Warn- und Störungsmelder

Zur Meldung wichtiger Ereignisse (Störung, Warnung), u. a. für den zuvor beschriebenen Brandmelder und ähnliche Einrichtungen, empfehlen sich akustische Signale, die möglichst kontaktlos arbeiten. Bild 18 zeigt eine „elektronische Sirene“, die einen durchdringenden Ton an- und absteigender Höhe über Lautsprecher abstrahlt. Die entsprechende Schaltung kann nach Bedarf modifiziert werden. Sie setzt sich aus bekannten Funktionsgruppen zusammen [5] und läßt sich je nach Anwendungszweck, Betriebsspannung, vorteilhafter Tonhöhe usw. dimensionieren. Der eigentliche Tonerzeuger ist ein astabiler Multivibrator (T 3, T 4 mit C 3, C 4; diese Elkos bzw. auch Foliekondensatoren legen die gewünschte Tonhöhe fest) mit nachgeschalteter Leistungsstufe T 5, T 6. Hierfür kann man je nach Multivibratordimensionierung, ausgehend von den durch R 5, R 6 bestimmten Emitterströmen der T 3, T 4, beliebige 0,4 bis 1...4-W-Typen verwenden. R 9, R 10 sind unkritisch (Richtwert 100...200 Ω), Ü 1 richtet sich nach T 5, T 6 und Lautsprecher L (auch mehrere Lautsprecher parallel oder in Serie). Zu beachten ist, daß T 5, T 6 als Schalter arbeiten und ihr maximal zulässiger Kollektorstrom durch den ohmschen Widerstand einer Hälfte von Ü 1 bestimmt wird, der entsprechend groß sein muß (geeignete Drahtstärke wählen). Mit 1-W-Transistoren bei T 5, T 6 kann man für Ü 1 den bekannten Kleinausgangsübertrager K 31 verwenden, der bereits für mehrere Büroräume mittlerer Größe ausreichend Leistung liefert.

Am Multivibrator weicht lediglich die Basisspannungszuführung vom Gewohnten ab. Es wird ein zweiter Taktgeber benutzt (T 1, T 2; ebenfalls nach [5] für einen relativ langsamen „Blinkrhythmus“ dimensionieren), der über P 1 an C 2 eine an- und absteigende Spannung zur Verfügung stellt. Der Kaltleiter PTC sei zunächst nicht vorhanden. Lampe La kann durch einen Widerstand (R 4) ersetzt werden, was die Betriebszuverlässigkeit erhöht; andererseits blinkt La im Schwellrhythmus der Sirene mit und bietet auf diese Weise – wenn nötig – zugleich eine optische Signalisierungsmöglichkeit.

Sobald über den Einschaltkontakt eines beliebigen Warn- oder Signalgeräts (z. B. Relaiskontakt) – U_b angeschaltet wird, gibt der Taktgeber T 1, T 2 – als bekannte Blink-

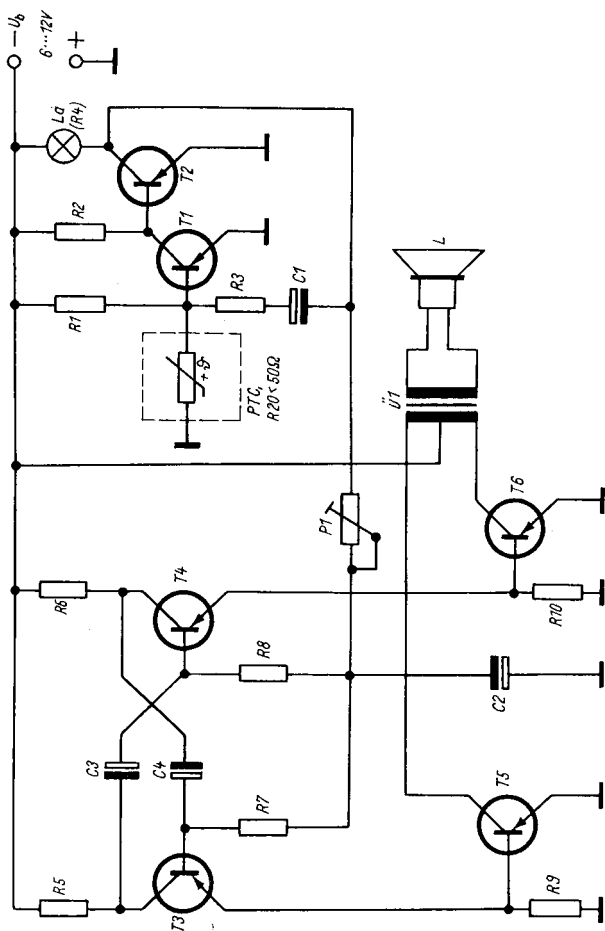


Bild 18 Signalsirene für vielseitige Verwendung. PTC ist im Normalfall nicht vorhanden; hier ermöglicht er die Verwendbarkeit der Sirene als Übertemperaturmelder

schaltung, falls La für R 4 benutzt wird – den An- und Abschwelldtakt für die Sirene durch Ein- und Ausschalten der Basisspannung für den Tongenerator T 3, T 4. Damit es nicht zu harter periodischer Tastung (tut – tut – tut) kommt, verzögern P 1 und C 2 diesen Spannungssprung (nach Versuch auf akustisch wirksamsten Effekt zu bemessen). P 1 soll wesentlich kleiner sein als R 7, R 8, was sich leicht realisieren läßt; Größenordnung = 10 k Ω .

Diese Sirenenschaltung läßt sich leicht modifizieren. Eine Möglichkeit sei angedeutet: Wird C 2 durch den Kontakt eines anderen Geräts abgeschaltet, so erfolgt harte Ein-Aus-Tastung des Tones. Wenn von 2 verschiedenen Signal- oder Warngeräten eines nur $-U_b$ anschaltet, das andere mittels 2. Relaiskontakts aber außerdem noch C 2 abtrennt, so ist akustisch die Unterscheidung gegeben, von welchem Warngerät aus signalisiert wird. Ein etwa vorhandenes 3., andersartiges Gerät kann an Stelle Abschaltung von C 2 eine Germaniumdiode (beliebiger 0,2-A-Typ) mit Relaiskontakt parallel P 1 schalten. Dann wird ein Signalcharakter mit (je nach Diodenpolung) hartem Einsatz und langsamem Abschwollen (tiiuuu – tiiuuu) oder umgekehrt erreicht. Diese 3 Signalarten sind leicht zu unterscheiden. Ein 4. Warngerät könnte zu dem intervallbestimmenden C 1 ein weiteres C (etwa 3- bis 5facher Wert von C 1) parallelschalten, womit die Sirene langsamer getastet wird. Durch einfache Zusatzkontakte kann man also bereits 4 deutlich voneinander unterscheidbare Signalarten erreichen. Schließlich genügt die Sirene selbst ohne Zusatzgerät bereits als Brandmelder: T 1 ist im Normalfall zu sperren. Dann leuchtet La ständig – was eine willkommene optische Bereitschaftsanzeige darstellt –, und die Sirene schweigt. T 1 kann durch Basiskurzschluß gegen Masse sehr einfach blockiert werden. Hebt man den Kurzschluß auf, so ertönt die Sirene, und Bereitschaftslampe La blinkt. Der Kurzschluß kann durch einen Kaltleiter (PTC-Widerstand) erfolgen.

Kaltleiter sind relativ neuartige Bauelemente mit temperaturabhängigem Verhalten. Im Gegensatz zu Heißeleitern wächst ihr Widerstand mit steigender Temperatur; ihr besonderes Kennzeichen ist, daß dies fast schlagartig bei einer sogenannten (bauelementetypischen) *Sprungtemperatur* geschieht. Bei dieser Sprungtemperatur vergrößert der Kaltleiter seinen Widerstand um 2 bis 3 Größenordnungen.

Hersteller der Kaltleiter ist in der DDR der VEB Keramische Werke Hermsdorf. PTC-Widerstände ähneln äußerlich scheibenförmigen Heißeleitern; ihr Kaltwiderstand liegt bei etwa 30 bis 40 Ω , oberhalb der Sprungtemperatur (typengebunden lieferbar zwischen 80 °C und 120 °C) beträgt er größenordnungsmäßig 10 k Ω und mehr.

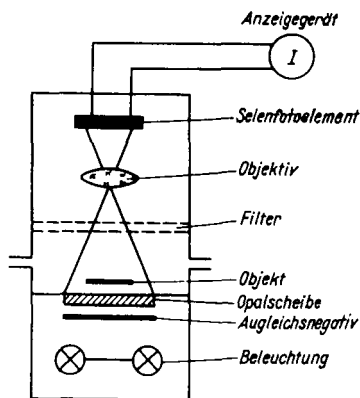
Damit eignen sich PTC-Widerstände ideal als Brandmeldeorgane (andere Anwendungen dafür nennen [1], [4]); denn Bruch, Leitungsunterbrechung usw. wirken sich jetzt ebenso wie Übertemperatur aus und werden signalisiert.

In der Schaltung Bild 18 dient ein PTC-Widerstand als Basiskurzschluß für T 1, so daß Taktgeber und Sirene nicht arbeiten können. Der PTC kann über eine längere Leitung außerhalb der Sirene angeschlossen sein. Wird bei dem PTC die Sprungtemperatur überschritten, so ist der Basiskurzschluß für T 1 so weit aufgehoben, daß Taktgeber und Sirene zu arbeiten beginnen. (Bei der Taktgeberdimensionierung [R 1!] muß der PTC angeschlossen und künstlich erhitzt werden!) Mit der eingezeichneten Ergänzung (Anschluß des PTC) kann man die Schaltung nach Bild 18 bereits als vollständigen Brandmelder verwenden, der dann völlig kontaktlos arbeitet.

2.5.5. Flächenmessung komplizierter Figuren

Häufig besteht die Aufgabe, den Flächeninhalt komplizierter flacher Gebilde, Stanzteile o. ä., die nicht transparent sind, zu messen, weil Errechnung zu umständlich und zeitraubend ist. Nach einem in [12] angegebenen Verfahren – dort zur Bestimmung der Größe von Pflanzenblättern benutzt – kann das auf optisch-elektronischem Wege sehr leicht geschehen. Bild 19 zeigt eine mögliche Lösung. Im Unterteil eines transportablen Meßkästchens befindet sich eine Beleuchtung, die eine als Auflegetfläche für den Prüfling dienende Opalscheibe ausleuchtet. Wichtig ist dabei, daß diese Opalscheibe völlig gleichmäßig ausgeleuchtet wird, was nicht ohne weiteres oder nur mit spezieller Optik (Kondensor) möglich wäre. Eine auch in ähnlichen Fällen anwendbare elegante Lösung nach [12]: Auf die Opalscheibe wird ein Planfilmnegativ gelegt und mit der im Kästchen installierten Beleuchtung – deren Anordnung dann nicht mehr verändert werden darf – in der Dunkel-

Bild 19
Optische Anordnung
(Aufbauvorschlag) für
ein Gerät zur Flächen-
messung komplizierter
Figuren



kammer belichtet und entwickelt. Man erhält bei richtiger Belichtung ein Graunegativ, das als Ausgleichsfilter unter die Opalscheibe eingelegt wird. Das Negativ gleicht durch seine unterschiedliche Schwärzung dann die Ungleichheiten der Opalscheibe, durch die es belichtet wurde, aus (Bild 19). Diese Fläche wird nun mit einer einfachen Optik (von altem Fotoapparat o. ä.), und zwar abweichend von [12] auf 1 Selenfotoelement abgebildet, dessen abgegebene Spannung man mit einem Mikroamperemeter mißt (gegebenenfalls mit Abgleichwiderstand auf Vollausschlag bringen). Optik, Selenzelle und Anzeigegerät (dieses notfalls mit Gegentakt-Transistorverstärker) werden im Prüfkastenoberteil installiert. Nun legt man das zu messende Objekt auf die Opalscheibe, nachdem zuvor durch Beleuchtungshelligkeitseinstellung (mit *Lampenvorwiderstand* auf I-Vollausschlag) die „Null-Eichung“ erfolgt ist. Nach Einlegen des Meßobjekts auf die Opalschale wird eine dessen Flächeninhalt entsprechende Lichtmenge abgedeckt, und der Ausschlag an I geht proportional der Objektfläche zurück. Der Skalenverlauf ist näherungsweise linear. Man kann – nach vorheriger Anfertigung einer Eichkurve – das Instrument direkt in Flächeneinheiten (cm^2 oder mm^2) eichen, wobei allerdings die kleinste Flächeneinheit 0 am rechten Skalenende liegt. Durch einen um 180° gedrehten („kopfstehenden“) Einbau des Instruments läßt sich dieser Schön-

heitsfehler am einfachsten beheben. Wird die Beleuchtung mit konstantem Strom gespeist [5], so kann auf ihre Einstellung und damit auf den Vorabgleich überhaupt verzichtet werden; das Gerät eignet sich dann gut für schnelle Reihemessungen mittlerer Genauigkeit. Es empfiehlt sich, wie in Bild 19 angedeutet, eine Einschubmöglichkeit für Farbfilter vorzusehen, für den Fall, daß farbig-transparente Objekte (bei [12] Baublätter) zu messen sind; dann muß allerdings die Beleuchtung nach helleren Werten regelbar gemacht werden! Man setzt dann ein komplementärfarbiges Filter ein (bei grün durchschimmerndem Objekt also ein Rotfilter), so daß das Objekt schwarz erscheint. Das Objektiv ist derart zu justieren, daß gerade die gesamte Opalscheibe auf der vollen Selenzellenfläche abgebildet wird. Vorteilhaft sind quadratische oder runde Selenzellen und Opalscheiben.

2.6. Anwendungen von Blinklichtgebern

2.6.1. Warnsignale in Geräten

Für optische Anzeigen (Kontrollampen, Störungsmelder usw.) eignen sich Blinklichtgeber sehr gut, da sie auffälliger sind als das Dauerlicht einfacher Lampen. Die Schaltungstechnik von Blinklichtgebern ist hinlänglich bekannt; es gibt dafür eine Vielzahl von Varianten. Bei Meldelampen ist aber die Lampenbetriebsdauer bzw. die Zuverlässigkeit besonders zu beachten. Eine ständig ein- und ausgeschaltete Lampe wird wegen der damit verbundenen dauernden mechanischen Beanspruchung der Glühwendel (thermische Dehnung beim Einschalten) stärker beansprucht als eine Dauerlicht zeigende Kontrollampe. Man wird deshalb nicht nur die Blinkschaltung selbst reichlich dimensionieren, sondern möglichst auch die Lampe nicht mit voller Nennspannung betreiben (günstiger Kompromiß je nach Sichtverhältnissen: 70 bis 80 % der Lampennennspannung als Betriebsspannung wählen!). Eine geringfügige (optisch nicht erkennbare) Einschalt-Stromstoßverringerung wirkt sich ebenfalls sehr vorteilhaft auf die Lampenzuverlässigkeit aus. Eine Möglichkeit dafür wird unter 2.7. angegeben. Im übrigen bietet *jede* Blinkschaltung in diesen Anwendungsfällen 2 Signalisierungsmöglichkeiten: *Dauer-*

licht (durch Überbrücken des Lampenschalttransistors) und *Blinklicht*. Dauerlicht kann dabei Betriebsbereitschaft des betreffenden Geräts anzeigen. Die Blinkschaltung selbst wird je nach Anwendungsfall entsprechend dem vorhandenen Lampentyp und der Betriebsspannung sowie dem zweckmäßigsten Blinkrhythmus dimensioniert [5]. Lampe und Blinkgeber können als eine Einheit aufgefaßt werden; man kann sie auch nachträglich an Stelle vorhandener Kontrollampen einsetzen, jedoch nur da, wo es wirklich sinnvoll ist – denn zunächst einmal weist eine blinkende Kontrollampe grundsätzlich gegenüber der mit Dauerlicht betriebenen geringere Zuverlässigkeit (Lampenlebensdauer) auf!

2.6.2. Warnsignale im Freien

Für Warnsignale im Freien gilt sinngemäß das unter 2.6.1. zur Zuverlässigkeit Gesagte. Hinzu kommen mögliche Witterungseinflüsse, die jedoch bei sachgerechtem Aufbau des Blinkgebers ohne weiteres zu beherrschen sind (z. B. Verguß in Gießharz, jedoch zuvor einige Zeit unter extremen Temperaturverhältnissen auf Funktionsfähigkeit und Bauelementfrühausfälle [2] testen!). Im Freien ist man im allgemeinen auf Batterien angewiesen. Bei Tagesbetrieb lassen dann die notwendigen Lampenleistungen die Stromversorgung problematisch werden. Generell sind Signallühlampen, verglichen mit dem Strombedarf sonstiger elektronischer Steuer- und Taktgeberschaltungen, „Stromfresser“, die den Hauptanteil des Gesamtstromverbrauchs der ganzen Signalanlage ausmachen. Dies spricht zunächst für den Einsatz von Blinklichtgebern (insbesondere solcher, die in den Dunkelperioden fast keinen Strom aufnehmen, z. B. Komplementärblinkerschaltungen [5] oder hochohmig dimensionierte Taktgeber mit nachfolgender Ansteuerung eines Leistungstransistors für die Lampe), weil damit in den Dunkelpausen erheblich Strom gespart werden kann. Für viele Signalzwecke genügen kurze Lichtblitze in größeren Abständen. Solche Blinker können sehr ökonomisch arbeiten. Genügt Signalgabe in einer definierten Richtung, so läßt sich durch Lichtbündelung (Lampenhohlspiegel ähnlich Bild 5 a) bei gleich guter Erkennbarkeit die Lampenleistung erheblich reduzieren.

Aus der Vielzahl möglicher Anwendungen für Blinklichtgeber im Freien seien genannt:

Kfz.-Blinkgeber für Fahrtrichtungsanzeiger bzw. am Autobahndreieck (bei diesen Anwendungen StVO und StVZO beachten!), im Bereich der Fischerei (schwimmende Blinkbojen, evtl. mit Dämmerungsschalter, zur Netzmarkierung), Markierung von Geländepunkten zum Wiederauffinden bei Nacht, Absicherung von Gefahrenstellen,

Anwendungen im Sport (Tauchsport: eine vom Taucher an dünnem Seil aufgelassene wasserdichte Blinkboje, die über Wasser schwimmend den Standort des Tauchers oder von ihm aufgefundenen Gegenstände markiert).

Die letzte Anwendung kann man bei nächtlichen Tauchereinsätzen auch als „Notsignal“ benutzen, indem eine am Taucheranzug befestigte Blinkboje im Gefahrenfall vom Taucher mit Hand oder automatisch (Druckdose, Ausklinken bei Unterschreiten einer vorgegebenen Tauchtiefe oder mittels Zeitschalters nach abgelaufener Tauchzeit) aufgelassen wird. Mit Druckmembrankontakt oder mit Elektroden (die bei aufgetauchter Boje aus dem Wasser ragen) kann diese Auftauchboje automatisch erst an der Wasseroberfläche in Betrieb treten. Diese wenigen, schaltungstechnisch leicht und betriebssicher realisierbaren Anregungen mögen genügen.

2.6.3. Leitstrahlblinker für Navigationszwecke

Durch 2 im Gegentakt aufleuchtende Lampen unterschiedlicher Tastzeit (Wechselblinker, [5],[22]) und Verwendung einer Trennwand erhält man den schon früher beschriebenen *Leitstrahlblinker*, dessen optisches Prinzip Bild 20 zeigt; Näheres dazu in [22] und [23].

Mit ihm können optische Leitlinien (Fahrrinnenmarkierung auf Seen vom Ufer aus usw.) gelegt werden. Die Leitlinie (scheinbares Dauerlicht) entspricht der Trennwandrichtung; Seitenabweichung davon wird am Blinkrhythmus (oder zusätzlicher Farbkennung) erkennbar. Bei einer Trennwandlänge von 40 bis 50 cm mit 2 eng an die Wand gesetzten Kleinglühlampen von je 0,7 W Leistung (!) ließ sich ohne besondere Lichtbündelung bei Nacht eine Sichtweite von 300 bis 400 m und mehr erreichen (auf größerem See erprobt). Auf diese Entfernung kann die

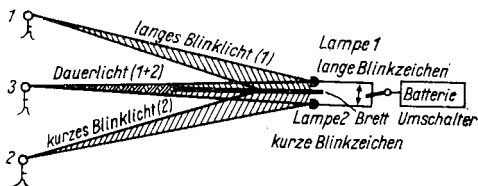


Bild 20 Zum Prinzip des Leitstrahlblinkers

Leitstrahlbreite (Dauerlicht) noch unter 10 m gehalten werden. Stärkere Lampen mit Reflektor sowie längere Trennwand gestatten erheblich größere Sichtweite bei gleicher Leitwegbreite und damit sehr genaue Navigation.

Das Leitstrahlprinzip läßt sich zu einer Rundum-Leitstrahlboje erweitern, die – in größeren Gewässern verankert – eine Bestimmung der Anfahrtrichtung in 8 Sektoren (8-Richtungs-Ortungsboje) ermöglicht. Bild 21 zeigt das optische Prinzip. 2 gekreuzte Trennwände, in deren Winkeln 4 Lampen angeordnet sind (Trennwände aus reflektierendem Material nur in Lampennähe), bilden 4 Sektoren; das Ganze wird entsprechend den 4 Himmelsrichtungen verankert. Eine Impulsschaltung sorgt für nacheinanderfolgendes Einschalten in der Reihenfolge La1, La2, La3, La4, danach *Kennimpuls* (alle 4 Lampen blinken zugleich mehrmals kurz auf, günstige Tastfrequenz 4 Hz; für die Rundum-Einzelschaltung 1 Hz entsprechend 1 s Leuchtzeit je Lampe). Der Beobachter wartet den von allen Seiten

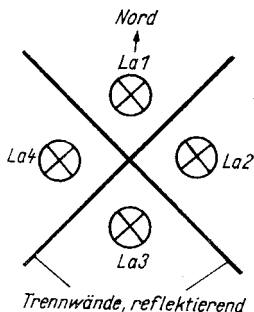


Bild 21
Ortungsblinkboje mit Unterscheidung
von 8 Richtungen;
Anordnung des optischen Teiles

sichtbaren Kennimpuls (4mal kurzes Aufleuchten) ab und zählt von da ab die Sekunden bis zum darauffolgenden 1 s dauernden Lichtsignal. Sofort nach dem Kennimpuls leuchtet La1 = *Nord*; wird dazwischen 1 s Dunkelpause, erst dann 1 s Licht gesehen, so sieht man La2 = *Ost*, nach 3 s leuchtet La4 *West* auf, es folgt sofort wieder für 1 s der Kennimpuls usf. Wird doppelte Leuchtzeit (2 s) gesehen, so befindet sich der Beobachter auf der Verlängerungslinie einer Trennwand und sieht daher 2 Lampen. Diese verdoppelte Leuchtzeit ergibt weitere 4 Sektoren (*Nordost, Südost* usw.), so daß sich aus Leuchtzeit und Dunkelpause ab Kennimpuls durch einfaches Auszählen zunächst schon 8 Himmelsrichtungen unterscheiden lassen. 2 solche Bojen, in ausreichendem Abstand fest verankert, ermöglichen ohne Bordhilfsmittel an Hand der Gewässerkarte bereits eine ausreichend genaue Standortbestimmung (Kreuzpeilung!).

Eine vollelektronische Schaltung ohne mechanische Kontakte ist relativ aufwendig. Sie könnte z. B. aus 2 Taktgebern für Kennimpuls und Umlauftakt, einem 5stufigen Schieberegister (5. Stufe für den Kennimpuls!) und den Lampenschaltstufen bestehen, die vom Register angesteuert werden; unter etwa 20 Transistoren und 5 bis 10 Dioden ist das kaum realisierbar. Für Versuchszwecke empfiehlt sich deshalb eine weit einfachere Relaisschaltung (Bild 22). Ihre Nachteile liegen im Verschleiß (hohe Schalzhäufigkeit) und in der Unzuverlässigkeit mechanischer Kontakte dieser Anzahl unter Freilandbedingungen; für kurzzeitige Einsätze ist sie jedoch zweckmäßig. Die Funktionsprinzipien dieser Schaltung sind bekannt und werden deshalb nicht näher erläutert. Die Relais B, C bilden eine Wiederholerschaltung [14], die von Relais A angesteuert wird und ihrerseits eine 2. Wiederholerschaltung (D, E) tastet. Kombination beider ergibt sinnrichtiges Nacheinanderschalten zunächst der einzelnen Lampen und danach des – alle 4 Lampen zusammenfassenden – Kennimpulsgebers, der in „seinem“ Umlauftakt 4mal schaltet (Relais F). Durch Zeichnen eines Relaisdiagramms nach [14] läßt sich dieser Ablauf leicht überblicken. Für die Taktgeber (A, F) wurden der Einfachheit halber modifizierte Miller-Integrator-Schaltungen [5] benutzt, die sich mit a2 bzw. f4 selbst erregen. A bis F sind Kleinrelais mit je 4 Umschaltkontakten. Wegen des hohen Stromverbrauchs (Lampen) empfiehlt sich

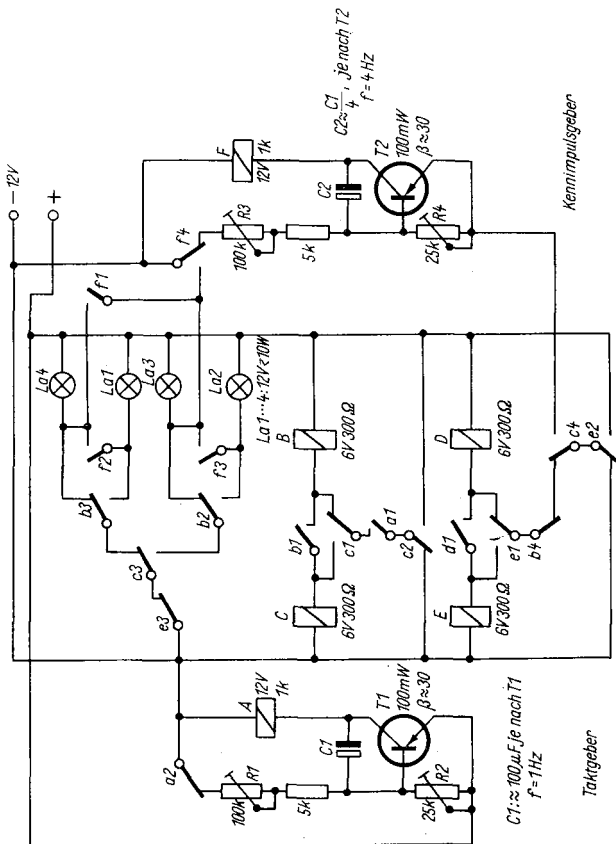


Bild 22 Schaltung der Ortungsblinkboje für 8 Richtungen nach Bild 21

Kombination mit einem Dämmerungsschalter; elegant ist auch „Abfragen“ über Funk (Modellfunkempfänger schaltet Boje ein) oder mit Unterwasserschallempfängern [17].

2.7. Signalfarben, Signallampen und ihre Auswahl

Beim Einsatz von Signallampen in öffentlichen Gebieten ist auf mögliche Gefahrenquellen zu achten (Dritte könnten irritiert werden!), insbesondere sollte man in Nähe von Verkehrswegen möglichst keine allgemein üblichen Signalfarben anwenden (Rot, Grün und Gelb scheiden dann aus!). Die ungefärbte Lampe ergibt außerdem die größte Sichtweite, bzw. bei vorgegebener Mindestsichtweite kann man einen stromsparenden Lampentyp wählen. Einzukalkulieren ist der relativ starke Lichtabfall bei nachlassender Batterie!

Soweit für Kontroll- und Signallampen in Gebäuden Farbunterscheidung notwendig ist, soll man grundsätzlich die Farben der „offiziellen“ Bedeutung gemäß wählen. So bedeuten: Grün = Gerät betriebsklar, in Ordnung, startbereit o. ä.; Gelb = Achtung, Vorwarnung, leichte Störung bzw. Schaltvorgang zu erwarten oder notwendig u. ä.; Rot = Vorsicht, Gefahr, Fehler, Alarmierung usw.

Übliche Einschaltkontrollen sollten deshalb möglichst grün, nicht wie häufig rot, eingefärbt sein. Bei größeren Lampenfeldern wird man Weiß wählen, soweit es sich um gleichberechtigte Signalgruppen handelt, die nur bestimmte normale Betriebszustände anzeigen – Farben bleiben Sammelanzeigen oder besonderen Warn- oder Sondersignalen vorbehalten. Die Zuverlässigkeit von Signallampen ist besonders zu bedenken, und zwar im Sinn der möglichen Folgen einer ausfallenden Lampe und der dadurch beim Bedienenden hervorgerufenen Fehlschlüsse. Es empfiehlt sich, wichtige Signallampen stets nur mit 70 % ihrer Nennspannung zu betreiben, was die Lebensdauer ganz erheblich erhöht. Bei Lampen mit großer Schalthäufigkeit besteht die Gefahr des Ausfalls vorwiegend im Ein- und Ausschaltmoment. Die Glühwendel wird durch die thermische Längenänderung mechanisch beansprucht, daher empfiehlt sich eine leichte Verzögerung des Ein- und Ausschaltvorgangs. Dies hat zugleich den Vorteil, daß die Einschaltstromspitze, die bei Kleinglühlampen das 5fache des Nennstromwerts,

bei Lampen mit mehr als 0,3 A Stromaufnahme je nach Typ sogar bis zum 10fachen und mehr betragen kann (Kollektorspitzenstrom etwaiger Schalttransistoren beachten!), erheblich reduziert wird. Bild 23 a zeigt das Prinzip dieser Verzögerung, Lampenschalttransistor T mit Basiswiderstand R_b , Betriebsspannung $-U_b$ mit darauf abgestimmter Lampe La sind Bestandteil einer vorhandenen Lampenansteuerung. Durch Einfügen eines kleinen Kondensators C wird diese Stufe zum *Miller-Integrator* [5]. C ist je nach übriger (vorgegebener) Dimensionierung so zu bemessen, daß die Lampe gerade noch scheinbar „schlagartig“ bzw. mit nicht mehr erkennbarer Verzögerung aufleuchtet (Test: C-Verdoppelung läßt leicht verzögertes Aufleuchten bereits erkennen – dann kann C als optimal bemessen angesehen werden). Verzögerungszeit für Kleinlampen bis 0,3 A etwa 0,1 bis maximal 0,2 s. Widerstand R_b muß nicht extra ein-

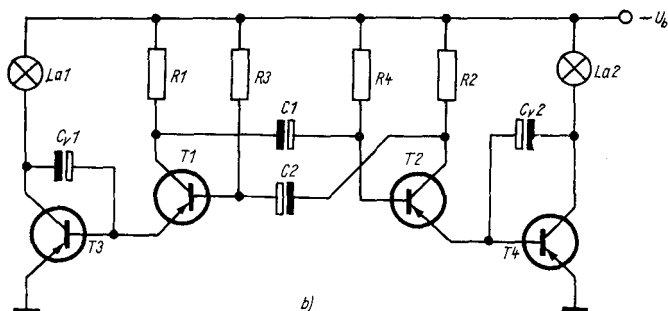
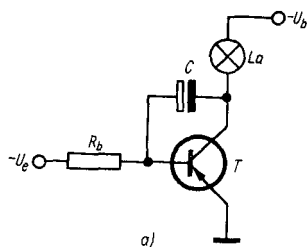


Bild 23 Einschaltverzögerung von Lampen zur Verringerung des Einschaltstromstoßes und der thermisch-mechanischen Lampenbelastung; bei einem Wechselblinklichtgeber a – Prinzip, b – Anwendung

gefügt werden, da ja der Basisstrom für T stets in irgendeiner Form ohnehin begrenzt ist. Bild 23 b zeigt das an einer Wechselblinkerschaltung, dimensionierbar nach [5]; lediglich die Verzögerungskondensatoren C_{v1} und C_{v2} sind einzufügen. Sie haben, da sie nur die Schalttransistoren T 3, T 4 beeinflussen, keinen Einfluß auf die übrige Dimensionierung. Die Funktion von R_b in der Schaltung Bild 23 a übernimmt automatisch R 1 bzw. R 2 (Bild 23 b). Die Schalttransistoren (T in Bild 23 a, T 3, T 4 in Bild 23 b) wählt man allerdings nach anderen Gesichtspunkten aus als üblich. Maßgebend ist jetzt nicht mehr der Einschaltspitzenstrom der Lampe (ohne C müßte aus Sicherheitsgründen $I_{c,max}$ für $T \geq 5 \cdot I_{La-Nenn}$ gewählt werden, während P_v für T gewöhnlich dann nicht interessiert), sondern T wird nun nach seiner Kenngröße P_v ausgewählt. Sein $I_{c,max}$ braucht nur noch etwa $1,5 \cdot I_{La-Nenn}$ zu sein (bzw. wenn La mit etwas Unterspannung betrieben wird, genügt $I_{c,max} = I_{La-Nenn}$), jedoch ist $P_{v,max}$ für T jetzt nach der

Faustregel $P_v \approx \frac{-U_b}{2} \cdot I_{La-Nenn}$ zu ermitteln. Diese

Faustformel enthält bereits einen Sicherheitsfaktor, der den Kaltwiderstand der Lampe berücksichtigt – die im Gegensatz zum Schalterbetrieb nunmehr „langsam hochgefahren“ wird –, jedoch sind Kühlmaßnahmen für T in keinem Fall nötig, da der auf diese Weise bestimmte P_v -Wert nur für Sekundenbruchteile erreicht wird. Im allgemeinen ergibt sich durch diese Einschaltverzögerung die Möglichkeit, schwächere Transistoren als beim unverzögerten Schalterbetrieb einzusetzen, da man $I_{c,max}$ jetzt erheblich geringer ansetzen kann und dieser Kennwert mit der Leistungsklasse in Zusammenhang steht. Vorhandene Schaltstufen können nachträglich ergänzt werden. Trotz allem bleibt die Glühlampe ein relativ unzuverlässiges Anzeigeelement, auch stört oft ihr ziemlich großer Strombedarf. Man kann in Sonderfällen dann auch in Niedervolt-Batteriegeräten andere Leuchtanzeigen verwenden. Einmal bietet sich hierfür die *Kleinstglühlampe* an, die mit einem eigenen kleinen Transverter gespeist wird (und nicht wesentlich mehr Platz beansprucht als eine E-10-Kleinglühlampe mit Fassung).

In [5] und [6] sind entsprechende Schaltungen geringen Aufwands zu finden. Sie arbeiten sehr zuverlässig und mit

erheblich geringerem Strombedarf als Kleinglühlampen und lassen sich für Anzeigezwecke verwenden. Eine neuere interessante Möglichkeit ist die Flächenbeleuchtung mit *Lumineszenzplatten* (Kondensatorlampe). Hersteller dieser Kondensatorlampen, die rund und quadratisch sowie in Sonderformen (z. B. als Skalenscheiben für Meßinstrumente) gefertigt werden und in den Leuchtfarben Grün sowie (lichtschwächer) Orange und Blau lieferbar sind, ist der VEB Narva Berliner Glühlampenwerke, Berlin. Betreffs Bezugsmöglichkeiten dieser noch relativ wenig angewendeten kalten Lichtquelle in Plattenform (die allerdings nicht ganz billig ist) empfiehlt sich Anfrage beim Hersteller, der auch ausführliche Datenblätter dazu versendet. Kondensatorlampen sind nur mit Wechselspannung zu betreiben und werden für direkten Netzanschluß (220 V ~) geliefert. Man muß also wie bei Glimmlampen auch in diesem Fall einen Transverter verwenden. 2 Eigenschaften der Kondensatorlampe kommen dem entgegen: Die Lampe kann näherungsweise als „verlustbehafteter Kondensator“ angesehen werden und somit direkt die Schwingkreiskapazität eines Transverters bilden; die Lichtausbeute steigt mit der Frequenz – man wird also die Transverterfrequenz erheblich höher als 50 Hz wählen. Übrigens schlägt die (am hellsten leuchtende) grüne Ausföhrung bei hohen Frequenzen (oberhalb ≈ 10 kHz) zunehmend nach hellblau um; eine Eigenschaft, die eventuell von Vorteil sein kann. Bild 24 zeigt eine erprobte Transverterschaltung mit handelsüblichen Bauelementen. Für die

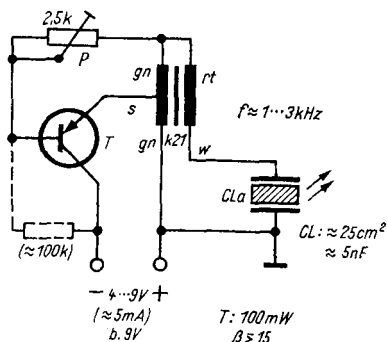


Bild 24
Transverterschaltung
zur Batteriespeisung
von Elektrolumineszenz-
platten (Kondensator-
lampen)

Kondensatorlampe CLa wurde eine Grün-Platte $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ (Kapazität etwa 5 nF) benutzt, als Trafo ein unveränderter Treibertrafo Typ K 21, dessen Primär- und Sekundärwicklung in Serie geschaltet (ggf. Drähte grün-grün probeweise vertauschen!) zusammen mit CLa einen Schwingkreis ergeben. Die Frequenz lag je nach Speisespannung bei einigen Kilohertz (s. Angaben in Bild 24); bemerkenswert sind der große zulässige Betriebsspannungsspielraum sowie die geringe Stromaufnahme, bei der die Platte bereits die gleiche Leuchtkraft erreicht wie bei 220-V-Netzbetrieb! Für T eignet sich nahezu jedes Exemplar der 100-mW-Klasse. Vorteilhaft ist für T nicht zu geringer I_{ce0} (!), andernfalls kann der punktiert angedeutete Basiswiderstand als Anschwinghilfe notwendig werden. P wird auf optimale Leuchtkraft eingestellt. Für größere Kondensatorlampen benutzt man entweder einen selbstgefertigten Transvertertrafo oder behelfsweise einen etwas größeren Treibertrafo handelsüblicher Art. So konnte mit einem Treibertrafo *Eltra*, Kerngröße M 42 (Wicklungen im Windungszahlverhältnis $L_1 : L_2 : L_3 = 1 : 1 : 7$), bei 7 bis 9 V Betriebsspannung und mit P auf $\approx 50\text{ mA}$ eingestellter Stromaufnahme eine grüne Lampenplatte von 250 cm^2 zu einer Leuchtkraft gebracht werden, die noch etwas über der bei Netzanschluß erreichbaren lag. Transistor T war dabei ein 400-mW-Typ (ohne Kühlblech). Kondensatorlampen sind gegen Überspannungen sehr empfindlich; auch kurzzeitige Spannungsspitzen dürfen 300 bis 320 V nicht übersteigen (entspricht $U_{eff\text{ maximal}} = 220\text{ V} \sim$). Bei den angegebenen Windungszahlverhältnissen besteht keinerlei Überlastungsgefahr. Die Betriebszeit der Kondensatorlampen wird vom Hersteller mit einigen tausend Stunden angegeben, bezogen auf Helligkeitsabfall (Alterung) auf 50 % des Anfangswerts, womit jedoch die Platte längst nicht untauglich ist. Vor Feuchtigkeit sind die Plattenkanten allerdings zu schützen (ggf. Gießharzrandüberzug!). Anwendung überall, wo stromsparende, blendfreie, keine Wärme entwickelnde *Flächenbeleuchtung* erwünscht ist (Meßgeräteskalen, blendfreie Armaturenbeleuchtung usw.), oder wo es auf energiesparende Beleuchtung ankommt. Die in Bild 24 vorgestellte Anordnung hat einen Wirkungsgrad $\eta \approx 70\%$ und belastet die Batterie mit knapp $0,05\text{ W}$! Bei solch geringen Werten sind Skalenbeleuchtungen usw. auch bei batteriebetriebenen Kleingeräten möglich.

3. Nichtoptische Warnung, Meldung und Beeinflussung

3.1. Annäherungsschalter

3.1.1. HF-Verfahren

HF-Annäherungsschalter sind im allgemeinen aktive Geräte, d. h., sie enthalten einen Oszillator. Bei Annäherung an eine Fühlerantenne (Stab oder Rahmenspule) wird durch Verstimmung oder Energieentzug ein Schaltvorgang ausgelöst. Verstimmung eines Oszillators bei Annäherung eines Gegenstands an den Fühler oder Aussetzen des Oszillators benutzt man z. B. bei Metallsuchgeräten.

Da die Verstimmung – besonders wenn große Empfindlichkeit, d. h. größere Reichweite oder Nachweis auch kleiner Gegenstände verlangt wird – nur sehr gering ist, erfordert ihre Auswertung sehr schmalbandige Diskriminatorschaltungen erheblichen Aufwands. Häufiger angewendet, weil konstruktiv einfacher, wird der Frequenzvergleich mit einem zweiten, auf konstanter Frequenz gegen den ersten um wenige Kilohertz versetzten Oszillator. Mischung beider Oszillatorfrequenzen ergibt eine Schwebung im NF-Bereich, die über Kopfhörer abgehört, aber auch mit Schaltstufen ausgewertet werden kann. Problematisch ist bei diesen Verfahren die Frequenzkonstanz; auch wird die Reichweite solcher Geräte oft überschätzt (Beispiele u. a. in [5]).

In der Militärtechnik benutzt man derartige Geräte als „Minensuchgeräte“ (meist mit „Rahmen“-Antenne, die die Induktivität des Suchoszillators oder einen Teil davon bildet; für diesen Oszillatorkreis ist hohes L/C-Verhältnis anzustreben, um maximale Empfindlichkeit zu erhalten). In der Archäologie verwendet man sie zur Ortung altertümlicher Funde (Reichweiten je nach Objektgröße meist nur 0,5 bis 1 m bei guten Geräten!), in verkleinerter Form zum Verfolgen von unter Putz verlegten Leitungen und Rohren anwendbar; für Amateurzwecke: Ferritstab als „Suchantennenspule“. Mit Ferritstab ergeben sich Reich-

weiten in der Größenordnung um 3 bis maximal 10 cm, was in diesem Fall zur genauen Ortung von Vorteil ist. Alle derartigen Schaltungen sind problematisch betreffs Temperatur- und Frequenzkonstanz sowie Konstanthaltung der übrigen Schwingkreisparameter für beide Oszillatoren gemeinsam. Dadurch ergibt sich extrem hoher Aufwand. Die praktische Anwendbarkeit gerade dieser Geräte wird deshalb vom Amateur meistens überschätzt; sie ist im wesentlichen eine Frage sachgerechten Aufbaus. Vorversuche mit Versuchsaufbauten sind unbedingt zu empfehlen, um zu klären, ob sich die gegebene Aufgabenstellung bzw. die beabsichtigte Verwendung mit den Mitteln des Amateurs überhaupt erreichen lassen – Regeln oder Voraussagen gibt es nicht. Für Schaltzwecke eignen sich diese Verfahren nicht, da die dafür nötige Betriebskonstanz kaum zu verwirklichen ist.

Daneben gibt es Verfahren mit 1 Oszillator, der – meist durch kapazitive, seltener durch induktive Verstimmung oder Bedämpfung – bei Annäherung eines Objekts aussetzt. Dieser Oszillator muß sehr gut stabilisiert sein; er wird mit hohem L/C-Verhältnis aufgebaut und so schwach rückgekoppelt, daß schon bei geringer Verstimmung oder Bedämpfung die Schwingungen aussetzen. Die angewendete Oszillatorschaltungsart ist primär nebensächlich. Durch Arbeitspunktverschiebung in der Oszillatorstufe erhält man bei solchen Geräten (Beispiele in [5]) ein kräftiges Ein-Aus-Schaltsignal, das oft schon zur direkten Betätigung eines Relais ausreicht. Bei kapazitiven Annäherungsschaltern mit Oszillator und Fühlerantenne kann man im Laborversuch mehrere Meter Reichweite erzielen, jedoch gelingt es nur schwer, derart empfindliche Schaltungen längere Zeit stabilzuhalten. Geringste Temperatur- oder Betriebsspannungsschwankungen führen entweder zum Abreißen der Schwingung ohne Objektannäherung oder zu verstärkter Rückkopplung und „Taubwerden“ des Annäherungsschalters. Aus diesen Gründen sind HF-Annäherungsschalter, deren Betriebsfrequenz gewöhnlich in der Größenordnung um 1 MHz liegt, für den Amateur nur in Sonderfällen von Wert, zumal sie noch einen anderen Nachteil aufweisen: Sie strahlen je nach Konstruktion mehr oder weniger stark HF ab. Gemäß den Störschutzvorschriften der Deutschen Post *sind sie also nicht ohne weiteres zugelassen*. Soweit der Amateur solche Geräte überhaupt in Er-

wägung zieht, sollte in jedem Fall die zuständige Bezirksdirektion des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen, Abteilung Funk, zuvor konsultiert werden.

3.1.2. NF-Verfahren

Niederfrequente Annäherungsschalter arbeiten meist passiv, d. h. ohne eigenen Oszillator. Sie sind deshalb leichter aufzubauen und können den Amateur nicht mit dem Gesetz in Konflikt bringen (keine Störausstrahlung). Es ist sowohl kapazitive als auch induktive Beeinflussung möglich. Erstere kennt der NF-Amateur zur Genüge als meist ungewollten Effekt: Beim Annähern an den „offenen Eingang“ eines empfindlichen NF-Verstärkers tritt in dessen Ausgang erhebliches Netzbrummen auf. Man kann den Verstärker nun speziell für diesen Bereich auslegen (Frequenzen oberhalb einiger hundert Hertz durch Tiefpaß unterdrücken), ausgangsseitig die NF gleichrichten und als Schaltsignal verwenden. Eingangsseitig wird eine geeignete „Fühlerantenne“ angeordnet und die Verstärkung nach Bedarf entsprechend eingestellt. Voraussetzung dafür ist allerdings

- das Vorhandensein netzfrequenter Störspannung (in Wohnräumen gegeben, solange Netzspannung vorhanden ist) und
- Ausscheidung höherfrequenter Störspannungen (Rundfunksender!) noch vor der 1. Verstärkerstufe (in der es sonst schon zu Demodulation und dadurch Vortäuschung nicht vorhandener NF-Eingangsspannung kommen kann).

Das läßt sich durch HF-Filter relativ leicht erreichen. Weniger bekannt ist, daß sich dieses Verfahren auch im Freien, also beim Fehlen von Netzspannungsstreufeldern anwenden läßt. Bei einem für höhere Frequenzen ausgelegten NF-Verstärker (Frequenzübertragungsbereich etwa 1 kHz bis 10 kHz, am Eingang wiederum HF-Schutzfilter) erdet man den Verstärkerausgang hochohmig. Bei geeignet eingestellter Verstärkung kommt es dann bei Annäherung geerdeter oder nach Erde ausreichend kapazitiv gekoppelter Objekte an die Eingangsfühlerantenne zur Selbsterregung des Verstärkers (Rückkopplung Ausgang-Erde-Eingang). Das dabei entstehende NF-Signal kann man nach Gleichrichtung als

Schaltkriterium benutzen. Je nach Art und Installation des Fühlers lassen sich bei Objekten von Menschengröße Ansprechreichweiten von 1 bis 2 m erreichen, jedoch muß der Verstärkungsgrad dann schon sehr genau eingestellt werden, womit die ganze Anordnung kritisch gegen Fremdeinflüsse (Temperatur- und Spannungsschwankungen) wird; im Nahbereich (unter 0,5 m) dagegen kann man diese Schaltung mit Erfolg einsetzen. Sehr sorgfältige Temperatur- und Speisespannungsstabilisierung ist in jedem Fall Voraussetzung, sowie möglichst hochohmiger, kapazitätsarmer Eingang. Bei Verwendung von Halbleitern erreicht man diesen durch eine in Kollektorschaltung arbeitende Eingangsstufe (Bestückung: 1 rauscharmer Transistor mit hohem β -Wert, falls nötig 2 Exemplare in *Darlington*-Schaltung). In absehbarer Zeit wird sich der gleiche Effekt vorteilhafter durch Einsatz eines Feldeffekttransistors im Eingang erreichen lassen.

Eine Sonderform solcher NF-Annäherungsschalter sind Geräte, die speziell die Annäherung an streufelderzeugende Objekte melden sollen (Annäherung an Trafos o. ä. erkennbar durch Induktionsspule am Empfängereingang). Interessanter ist die Anwendung mit Stabantenne als Warngerät bei Annäherung an Starkstromfreileitungen. Diese geben so starke Streufelder ab, daß entsprechende NF-Verstärker mit hochohmigem Eingang schon in einigen Metern Entfernung ansprechen. Die Empfänger brauchen nicht allzu kritisch aufgebaut zu werden. Eingangswiderstände um $1\text{ M}\Omega$ und Eingangsempfindlichkeiten um $0,1\text{ mV}$ sind anzustreben und in der erwähnten Weise zu realisieren. Solche Geräte erweisen sich als wertvoller Unfallschutz, z. B. an Schwenkkränen oder anderen sich in der Nähe von Hochspannungsfreileitungen bewegendes Baumaschinen oder Fahrzeugen. Der Annäherungsschalter meldet die drohende Berührungsgefahr und bewirkt sogar automatische Stillsetzung der entsprechend ausgerüsteten Maschine. Bei derartigen Anwendungen muß allerdings der Fühlereingang unbedingt überlastungsfest ausgelegt sein (für den Fall direkter Berührung mit der Starkstromleitung). Man erreicht dies durch einen kleinen, sehr spannungsfesten Kondensator (Größenordnung 1 nF , $\geq 10\text{ kV}$, Styroflexausführung) direkt vor dem Geräteeingang sowie mit einer dahinter angeordneten Schmelzsicherung und antiparallelschalteten Germaniumdioden als Spannungsbegrenzer.

Der Massepunkt des Geräts muß dann selbstverständlich schutzgeerdet sein.

Annäherungsschalter für kurze Distanzen nach dem induktiven Verfahren lassen sich leichter realisieren. Sie können z. B. als kontakt- und berührungslose Endabschalter für Maschinenteile (Verschiebeteile) benutzt werden (Näheres in [1], [4]). Nach Bild 25 liegt eine Luftspule L an einer Wechselspannung $U_{\sim b}$. Bei geeigneter Windungszahl von L (Anhaltswert: einige tausend Wdg., 0,5-mm-CuL, innerer Spulendurchmesser 30 bis 40 mm) und entsprechender Wechselspannung (Größenordnung 10 bis 15 V) kann man $U_{\sim b}$ aus der Netzwechselspannung 50 Hz gewinnen; L kann aber auch direkt für 220 V $\sim$ ausgelegt werden. Der durch L fließende Blindstrom ändert sich, wenn man L ein magnetisches Objekt (Eisenteil, Stahlbolzen bzw. ein nicht-magnetisches Metall genügender Ausdehnung, nähert oder in L einführt. Durch L -Änderung bzw. Bedämpfung (Wirbelstrombildung im Metallobjekt) ergibt sich auch eine Änderung des Spulenstroms, die bereits zur direkten Betätigung eines Relais (angedeutet mit Brückengleichrichter und Beruhigungskondensator C) ausreichen kann. Andernfalls wird die an C auftretende Spannungsänderung weiterverarbeitet (an Stelle von Rel schließt ein Widerstand den Stromkreis über eine Verstärkerstufe mit Transistor.) Der Widerstand des Relais soll klein gegenüber dem Spulenwiderstand sein, so daß an L der Hauptteil der Spannung $U_{\sim b}$ auftritt.

Verfahren dieser Art sind sehr betriebssicher, zuverlässig

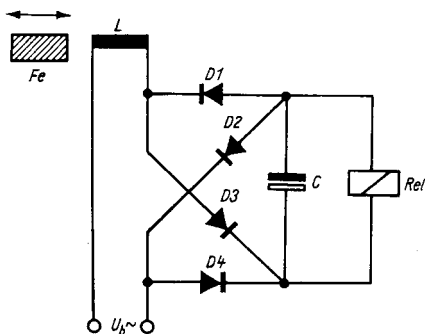


Bild 25
Induktiver
Annäherungsschalter
im NF-Bereich (Prinzip)

und einfach, jedoch nur für geringe Reichweiten geeignet. Sie bewähren sich vor allem als *berührungslose Endanschläge* bzw. als *Endstandkontrollen* an Maschinen und Vorrichtungen verschiedenster Art, z. B. auch für Türöffnungskontrollen oder zum Registrieren von Metallteilen in nichtmagnetischem und nichtleitendem Schüttgut, das kontinuierlich durch L geführt wird. Allerdings dürfen die dabei nachzuweisenden Metallteile bei NF-Verfahren nicht zu klein sein. Andernfalls (etwa zum Nachweis kleiner Eisenspäne in Mehl) benutzt man HF-Verfahren mit Induktivverstimmung (gemäß vorigem Abschnitt), wobei das HF-Verfahren mit 1 Oszillator benutzt wird und die Schaltung relativ unempfindlich und entsprechend stabil sein kann.

3.2. Berührungsschalter

Es soll nicht die Rede sein von Schaltorganen mit mechanischer Kontaktgabe, die auf Berührung reagieren (Türkontakte, Federdruckkontakte u. ä.) obwohl gerade sie oftmals einfachste und durchaus zuverlässige Lösungen ermöglichen. Erwähnt sei lediglich der seit einiger Zeit erhältliche *Magnetmikroschalter*, der etwa die Größe eines Zigarettentfilters hat und durch Annähern eines kleinen Manipermagneten betätigt wird. Es handelt sich um steckbar ausgeführte, klimadicht verkapselte 1polige Umschalter (Hersteller: Fa. HAGANS-Spezialtechnik Erfurt). Das zugehörige Magnetplättchen (etwa 6 mm Durchmesser; auch andere Kleinmagnete lassen sich verwenden) bewirkt bei Anlegen oder sehr dichter Annäherung an die gekennzeichnete Seite des Schalters ein Umspringen seines Kontakts. Die Betätigungsreichweite beträgt allenfalls 2 bis 3 mm. Deshalb ist dieses Bauelement im weiteren Sinn als Berührungsschalter, nicht als Annäherungsschalter anzusehen. Für Endabschalter, Türkontakte, Wegnahmesicherungen u. ä. eignet sich dieses kleine, unauffällig zu montierende Bauelement jedoch gut.

Interessant für den Amateur sind *kontaktlose* Berührungsschalter. Sie können als Ein-Aus-Schalter mit 1 Schaltfläche, desgleichen mit 2 getrennten Schaltflächen für EIN und AUS sowie als Berührungsschalter (EIN-Schaltfläche setzt einen Zeitschalter in Betrieb, nach dessen Ablauf selbst-

ständig wieder geschaltet wird) ausgebildet werden. Allen diesen Schaltern ist gemeinsam, daß eine isoliert festmontierte Fläche (Form weitgehend beliebig; Verwendung vorhandener Objekte, etwa Türklinken, Zierleisten auf Geländern oder Gegenständen, Kontaktdrähten usw.) durch Berührung – also Kontaktgabe mit dem menschlichen Körper – den Schaltvorgang auslöst. Man geht davon aus, daß der Körper eine gewisse Kapazität gegen Erde hat. Beim Berühren der Schaltfläche oder Schaltelektrode kommt daher ein minimaler (nicht spürbarer) Stromfluß gegen Erde selbst dann zustande, wenn die auslösende Person gegen Erde isoliert (Wohnraumfußboden) steht. Dem Verfahren liegt vergleichsweise das Prinzip des bekannten *Polprüfstifts* für Netzspannung zugrunde. Die bisher veröffentlichten Berührungsschalter arbeiten sämtlich mit Netzspannung (in [5] Schaltungen mit Thyratrons und mit Transistoren; entsprechend auch mit Thyristoren materialsparender Aufbau derartiger Geräte für Netzschaltzwecke möglich). Man nutzt dabei das Potential zwischen Netzphase und Erde aus. Daß dieser Aufbau entsprechend sorgfältige Beachtung der TGL-Sicherheitsbestimmungen voraussetzt und der maximal mögliche Berührungstrom auf einige zehn Mikroampere begrenzt sein muß, ist selbstverständlich. Solche Berührungsschalter ermöglichen das Schalten beliebiger Verbraucher oder Geräte ohne jeden Kraftaufwand und bei entsprechender Schaltflächenauslegung sogar ohne Hinsehen. Das Suchen nach dem Treppenlichtschalter in einem Treppenflur entfällt, wenn eine auf dem Treppengeländer angebrachte Kontaktleiste als Schaltfläche dient oder die Innenseite der Haustürklinke als Schaltfläche benutzt wird.

Als Raumsicherungs- und Alarmanlagen eignen sich Berührungsschalter ebenfalls, wenn Gegenstände als Schaltfläche dienen, die man gedanklich keineswegs in Verbindung mit einer Alarmanlage bringt.

Die in [5] beschriebenen Berührungsschalter sind für Netzbetrieb bestimmt; man kann die gleichen Schaltungen (auf Transistorbasis) aber auch ohne Netzanschluß betreiben, wenn das sonst vom Netz bereitgestellte Wechselspannungspotential gegen Erde auf andere Weise erzeugt wird. Notwendig ist dafür, den gesamten, bis zum Schaltrelais hin kompakt aufzubauenden Berührungsschalter spannungsmäßig „gegen Erde hochzulegen“. Bild 26 zeigt eine solche

o. ä.). Die Speisespannung für MV wird nicht direkt aus der Batterie U_b entnommen. Diese speist nur den Transverter TV, der etwa 1 W, je nach MV maximal 5 W, aufzubringen hat und sich ebenfalls nach [5] dimensionieren läßt. L 1, L 2 sind seine Primär- und Rückkopplungswicklung, L 3 erzeugt als Sekundärwicklung eine Spannung von etwa 150 bis 200 V~. Die Transverterfrequenz kann mit C 2 auf 50 bis 500 Hz bemessen werden (höhere Frequenzen sind unzweckmäßig), außerdem sorgt C 2 für die notwendige annähernde Sinusform der Spannung (scharfe Rechteckflanken sind in diesem Fall nicht erwünscht!). Auf L 3 wird, zuoberst auf dem Transverter-Trafowickel, eine Speisewicklung (etwa 12 V bzw. je nach Auslegung von MV und Rel) „aufgestockt“, deren Spannung, gleichgerichtet und mit C 1 gesiebt, den Berührungsschalter speist und diese gesamte Baugruppe auf das von L 3 gegen Masse (bei + U_b wird geerdet) erzeugte Potential anhebt. Sie ist demzufolge als kleine Einheit kapazitätsarm gegen Erde zu installieren! Eine Einstellung der Ansprechempfindlichkeit kann, falls nötig, mit R erfolgen, ist aber bei exaktem Aufbau entbehrlich (dann $R = 0$). C 3, C 4 (die Berührungsstrom-Begrenzungskondensatoren) sind für mindestens 500 V auszulegen und dürfen bei 50 Hz nicht größer als 3 bis 5 nF sein, bei höherer Frequenz entsprechend niedriger (einige hundert Picofarad; nach Versuch kleinstmögliche Werte wählen). In dieser Form lassen sich ursprünglich netzgebundene Berührungsschalter netzunabhängig gestalten – nachteilig ist allerdings der ständige Ruhestromverbrauch für den Transverter bei reinem Batteriebetrieb ohne Puffernetzteil.

3.3. Brand- und Rauchmelder

Vorschläge für Brand- und Rauchmeldeverfahren sind in den Abschnitten 2.5.1. und 2.5.3. bereits beschrieben. Unter 2.5.4. wurde außerdem die Anwendung des PTC-Widerstands (Kaltleiter mit Sprungtemperaturverhalten) erwähnt. Gegenüber Heißeleitern, Sperrstromhalbleitern u. ä. als Temperaturfühler haben PTC-Widerstände 2 wesentliche Vorteile: Erstens weisen sie von sich aus infolge ihrer bei der Sprungtemperatur abrupt erfolgenden großen Widerstandsänderung einen „Schwellwert“ auf, zweitens melden sie

Übertemperatur durch erhöhten Widerstand. Bei Bruch eines PTC-Widerstands oder seiner Zuleitung wird also *Übertemperatur* gemeldet; diese Störung bliebe bei NTC-Heißleitern und Sperrstromhalbleitern unbemerkt.

Bild 27 ergänzt das bereits zu Brand- und Rauchmeldung Gesagte. Der eigentliche Melder kann bei geschicktem Aufbau relativ klein ausgelegt werden und arbeitet sehr empfindlich. Er wirkt als kombinierter Lufttrübungs- und Übertemperaturmelder. Angeordnet wird er in Deckennähe des zu überwachenden Raumes senkrecht wie ein kleiner „Kamin“. Lampe La beleuchtet eine Streuscheibe (Opal- oder Mattglasscheibe), deren Licht der Fotowiderstand FW registriert. Durch die Abdeckplatte Pl ist FW gegen Fremdlicht abgeschirmt. FW bildet zusammen mit T1, T2 und P1 im Auslöseteil einen einfachen Dämmerungsschalter bekannter Art, dessen Schwellwert man mit P1 so einstellt, daß Rel bei rauchfreier Luft im „Kamin“-Tubus gerade an-

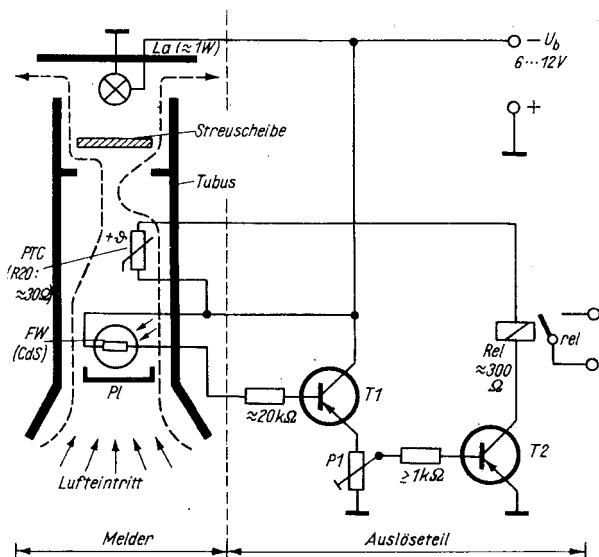


Bild 27 Aufbauvorslag für einen empfindlichen Rauch- und Übertemperaturmelder; links Melderteil, rechts Auslöseteil; links Anordnung im Prinzip, rechts Schaltung mit Richtwerten

spricht. Die geringe Lampenwärme von La reicht aus, einen ständigen schwachen Luftdurchstrom zu bewirken, wobei die Luft den Kaltleiter PTC umströmt und auch die Streuscheibe umflutet; bei sehr staubhaltiger Luft muß diese Scheibe ab und zu gesäubert werden. Rauch und Rußteilchen, die infolge ständiger Luftzirkulation durch den Tubus gelangen, bewirken entweder durch Schwärzen der Streuscheibe oder bei starker Rauchbildung sofort eine Schwächung des auf FW fallenden Lichtes – Rel fällt ab und löst den Brandalarm aus. Falls die Raumluft zu hohe Temperatur hat (höher als die entsprechend zu wählende, typengebundene Sprungtemperatur von PTC), wird PTC binnen weniger Sekunden so hochohmig, daß der durch PTC fließende Relaisstrom bis zum Abfallen von Rel geschwächt wird, selbst wenn die den Tubus durchströmende Luft noch klar ist. Wie die einfache Schaltung zeigt, führt überdies jede Leitungsunterbrechung sowie Ausfall jedes der vorhandenen Bauelemente oder der Betriebsspannung stets zum Abfall von Rel und damit zur Alarmierung. Die Anordnung ist dadurch trotz ihrer Einfachheit sehr zuverlässig. Den Auslöseteil bringt man getrennt vom Melder teil in einem anderen Raum bzw. am Signalisierungsort an. Melder nach diesem Prinzip eignen sich vorzugsweise für Büro-, Archiv- oder Wohnräume; für Arbeitsräume mit starker Staubentwicklung (Getreidesilos, Kohlebunker) wegen der dann schnell zunehmenden Verschmutzung der Streuscheibe dagegen weniger gut; dort genügt meist eine Anzahl über den Raum verteilter Übertemperaturmelder (PTC-Widerstände nach Bild 18 in Serienschaltung!) unter Verzicht auf optische Rauchregistrierung.

3.4. Betriebssicherheit, Funktionskontrolle, Störungsmeldung

Die Thematik der Betriebssicherheit, die die Funktionskontrollmöglichkeiten und Störungsmeldeeinrichtungen für die Geräte selbst mit einschließt, ist sehr umfangreich (s. [1] und [2]). Das dort Gesagte gehört unmittelbar zum Thema *Angewandte Elektronik*. An dieser Stelle seien einige für die Amateurpraxis besonders interessante Einzelheiten herausgegriffen und empfohlen.

3.4.1. Die Mehrheitslogik (2-aus-3-Verfahren)

Dieses Prinzip ist für den Amateur von erheblichem Wert. Wie [1] begründet, läßt sich danach auch mit relativ stör-anfälligen oder unzuverlässigen Einzelsystemen eine ausgezeichnete Gesamtzuverlässigkeit erreichen. Man geht davon aus, daß 1 System (z. B. 1 Brandmelder mit Relaisausgang) eventuell aussetzen oder „irrtümlich“ ansprechen kann, wenn 1 Bauelement ausfällt. Gleiches gilt für beliebige andere Systeme (z. B. Lichtschranken). Handelt es sich dabei um Schutzsysteme (2.2.1. u. ä.), so kann ein solcher Ausfall Folgeschäden verursachen. Trotzdem ist es möglich, einfache, wenig materialaufwendige Systeme zu benutzen, wenn man das gleiche System mehrfach (i. allg. 3fach) vorsieht, da es äußerst unwahrscheinlich ist, daß 2 Systeme zugleich ausfallen.

Das Alarm- oder Schaltsignal läßt man durch Anwendung der Mehrheitslogik-Schaltung erst dann zur Wirkung kommen, wenn mindestens 2 der 3 Systeme zugleich ansprechen. Spricht nur 1 System an, so gilt das als Gerätestörung. Einrichtungen nach Bild 27 oder Bild 17, Schutzvorrichtungen nach Bild 7, Bild 10, Bild 11 (mit einfachen Empfängern ähnlich Bild 1 o. ä.) mögen als Beispiele dienen. Bei Bild 11 wäre z. B. lediglich die Empfängerseite (FW, Vst, Rel) 3fach (3 FW optisch direkt nebeneinander vorzusehen, die Systeme – ggf. einschließlich ihrer Stromversorgungen – getrennt). Bild 28 zeigt das zugehörige 2-aus-3-Verfahren.

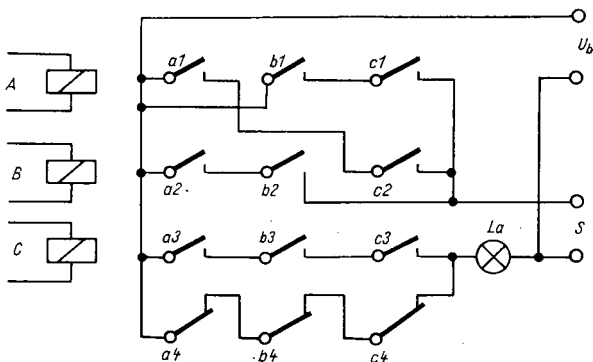


Bild 28 Zur Funktion der Mehrheitslogik 2 aus 3 nach [1]

ren; läßt sich sinngemäß, z. B. bei Brandmeldeanlagen, zu 3-aus-5-System erweitern! Die Relais A, B, C sind die Ausgangsrelais der 3 parallel arbeitenden Systeme. Angenommen sei, daß sie im Ruhestand abgefallen sind; andernfalls alle Kontaktfunktionen in Schaltung nach Bild 28 umkehren. Wie die Kontaktbezeichnungen zeigen, müssen mindestens 2 der 3 Relais ziehen, um die Betriebsspannung U_b als Signalspannung S am Ausgang erscheinen zu lassen. Im Normalfall ziehen alle 3 Relais, so daß für das Signal mehrere Wege von U_b nach S durchgeschaltet werden, was etwaigen Kontaktfehlern in der Schaltung nach Bild 28 entgegenwirkt. Zusätzlich ist noch ein 2. Stromkreis für die Störungsanzeige vorhanden. Da Störungsmeldungen (im Hinblick auf Lampenausfälle) möglichst als Bereitschaftsanzeigen (Störung = erloschene Lampe) ausgelegt sein sollen, leuchtet La (Bild 28) im Normalfall ständig. La erlischt nicht, wenn mit $A + B + C$ ein echter „Alarmfall“ vorliegt, sondern nur wenn (etwa wegen Systemausfalls) lediglich 1 oder 2 Relais ziehen. In diesem Fall weist die Tatsache, daß La erloschen ist, bei S jedoch ein Signal erscheint, auf eine wahrscheinliche Systemstörung bei A, B oder C hin. Außerdem zeigt La, daß U_b tatsächlich vorhanden ist.

3.4.2. Redundanzmaßnahmen

Zum Begriff der Redundanz siehe [2]; hier wiederum ergänzend dazu einige für die Amateurpraxis interessante praktische Anregungen. Generell geht es um die Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit mit für den Amateur vertretbaren Mitteln. Amateure, die sich mit Zuverlässigkeitsfragen beschäftigen, beachten dabei oft nur ihr Gerät an sich; daß auch äußere unvorhergesehene Umstände Einfluß haben können, wird oft zu spät bemerkt. So nützt es wenig, ein netzgespeistes Gerät möglichst betriebssicher auszulegen, wenn man nicht die Folgen eines Netzspannungsausfalls und mögliche Gegenmaßnahmen mit bedenkt. Nicht immer muß man in solchen Fällen unbedingt eine Notstrombatterie vorsehen, obwohl dies die beste Lösung ist und sich durch Pufferbetrieb oft ein ganzer Regelnetzteil „einsparen“ läßt! [5]. Falls am Anwendungsort mehrere Netzstromkreise vorhanden sind (entweder mehrere Phasen eines

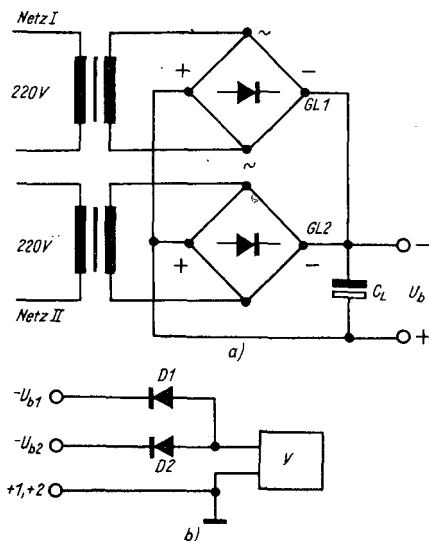


Bild 29
Vorschläge für
Redundanzmaßnahmen;
a - Sicherheit gegen
Ausfall einer Netzphase
bei Netzspeisung,
b - Sperrdioden als
Verpolungsschutz
und zur Verwendung
doppelter Batterien

Drehstromnetzes oder auch nur mehrere getrennt gesicherte Anschlüsse der gleichen Netzphase), genügt als Sicherung gegen Netzausfälle durch Kurzschluß in anderen, am gleichen Netzstromkreis betriebenen Geräten oft schon, den Netzteil doppelt vorzusehen, wie Bild 29 a zeigt. Netz I und Netz II werden an 2 getrennt abgesicherte Stromkreise beliebiger Phase angeschlossen; im übrigen sind beide Netzteile bis zum gemeinsamen Ladekondensator C_L für den sich die in Bild 30 gezeigte Redundanzmaßnahme anbietet, völlig identisch aufgebaut (Sicherungen, Schalter u.ä. wurden in Bild 29 der Deutlichkeit halber weggelassen). Jeweils das Netz mit der höheren Augenblicksspannung speist über die zugehörige Trafo-Gleichrichterschaltung C_L (Brückenschaltung oder auch Zweiweggleichrichtung). Die Dioden des jeweils anderen Netzteils verhindern dabei automatisch, insbesondere wenn eines der Netze ausfällt, Rückstrom in den „nichtbeteiligten“ Netztrafo. Hinter C_L kann bei U_b dann, falls erforderlich, ein gemeinsamer Regelnetzteil folgen. Die gleiche Maßnahme läßt sich auch bei vorhandenen Gleichspannungsquellen anwenden. 2 Betriebsspannungen $-U_{b1}$, $-U_{b2}$

werden dem Verbraucher V (Bild 29 b) über Rückstromsperrdioden D 1, D 2 parallel zugeführt (zu bemessen nach Maximalstromaufnahme des Verbrauchers V). Die jeweils höhere Spannung speist dann V. Die Dioden empfehlen sich z. B. bei Parallelschaltung mehrerer Batterien; eine sich vorzeitig erschöpfende Batterie kann dann die übrigen nicht durch Rückstromaufnahme entladen. Außerdem bringen diese Dioden, innerhalb V angeordnet, einen weiteren Vorteil auch dann, wenn nur eine Spannungsquelle (und eine Sperrdiode) benutzt wird, aber Verpolungsgefahr der Spannungsquelle besteht: Bei falsch gepolt angeschlossener Batterie sperrt die Diode und verhindert Beschädigung der Schaltung von V. Das Gerät bleibt dann lediglich ohne Spannung.

Weitere Maßnahmen sind (auch nach [1], [2]):

Überdimensionierung aller Bauelemente – Widerstände nur mit 50 bis 60 % ihrer Nennlast betreiben, Kondensatoren ebenfalls sinngemäß, Halbleiter möglichst nur mit maximal 50 % ihrer Nennverlustleistung und maximal 30 % ihrer Maximal-Nennsperrspannung usw.; besondere Sorgfalt bei der Vorauswahl und Vorprüfung ungetypter *Bastlertransistoren* u. ä. Bauelemente!

sowie Einbau einer „Redundanz im engeren Sinn“ durch Mehrfachschaltung von Bauelementen, die zu Ausfällen neigen.

Für die Amateurpraxis kommt das im wesentlichen nur für Widerstände in Frage. 1 k Ω bildet man z. B. aus 2 Exemplaren je 2 k Ω parallel, da im Defektfall fast immer Unterbrechung auftritt; man hat dann an der Defektstelle den Wert 2 k Ω . Sinnvoll wird diese Maßnahme also nur, wenn die Schaltung auch mit solcher Wertabweichung noch befriedigend arbeitet! Sehr wertvoll hingegen ist sie für Elektrolytkondensatoren, bei denen Wertabweichungen in Amateurschaltungen weniger kritisch sind, sofern es sich nicht um frequenz- oder zeitbestimmende Elkos handelt. Hier empfiehlt sich trotz des Mehraufwands von Volumen und Preis die Redundanz nach Bild 30. Für den laut Schaltbild vorgegebenen Wert C setzt man 4 Elkos gleichen Wertes ein, jeder in Kapazität und Spannung gemäß dem Einzel-C laut Schaltplan bemessen. Fällt nun z. B. C 1 aus, so liegt Reihenschaltung C 3 mit C 4 || C 2 vor. Ist C = 1 μ F, so verbleiben bei Unterbrechung von 1 C der Viererschaltung C 1 bis C 4 noch immer $\approx 0,66 \mu$ F wirk-

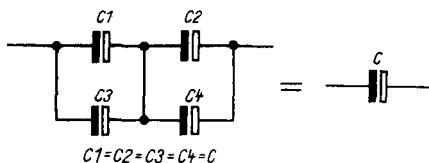


Bild 30
Bauelementeredundanz
(Prinzip)

sam. Bei Kurzschluß von 1 C wird das parallelliegende C mit überbrückt, und es verbleibt die nebenfolgende Parallelschaltung mit 2 C, im Beispiel also $2 \mu\text{F}$. Ein in dieser Form redundant vorgesehener C-Wert aus 4 Einzel-C kann also bei Ausfall von 1 Einzel-C entweder durch Kurzschluß oder Unterbrechung, Alterung o. ä. in den Grenzen $0,66 C$ bis $2 C$ tolerieren, was in den meisten Fällen die Funktionsfähigkeit des Gesamtgeräts noch aufrechterhält. Besondere Bedeutung kommt diesem Prinzip in zentral gelegenem C (Beispiel: C_L in Bild 29 a), in Siebketten, bei Koppelkondensatoren u. ä. zu. In für die Gießharzverguß bestimmten Baugruppen sollte man zumindest Elkos und, soweit möglich, auch Widerstände und Dioden (D 1 und D 2 in Bild 29 b als Beispiel) gemäß Bild 30 redundant vorsehen.

Schwieriger wird das für den Amateur bei Transistoren, wo er nicht ohne weiteres Redundanzmaßnahmen anwenden kann, wenn ihm die Schaltung vorgegeben ist. In richtig dimensionierten Schaltungen, die mit vorgeprüften, bereits einige Zeit betriebenen Transistoren (Ausscheidung von Frühausfällen, [2]) bestückt sind, bleibt im wesent-

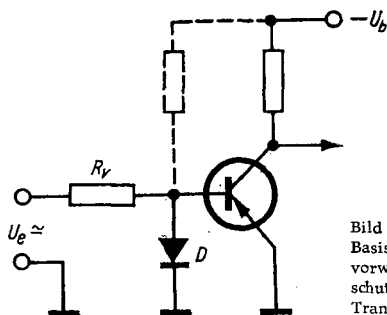


Bild 31
Basisschutzdiode und Schutz-
vorwiderstand als Überlastungs-
schutz für die Eingänge von
Transistorstufen

lichen nur die Eingangsstufe durch versehentlich zu hohe Eingangsspannung gefährdet. Insbesondere sind es die Sperrhalbwellen, die oft zum Durchschlagen der Basis-Emitter-Zone des Eingangstransistors führen. Dagegen kann man sich weitgehend durch eine Basisschutzdiode sichern. In manchen Veröffentlichungen wird empfohlen, sie in Serie mit der Basiszuleitung zu legen, um die zulässige Sperrspannung zu erhöhen. Bei NF-Verstärkereingängen oder solchen mit kleinen Signalen ist das jedoch ungünstig. Besser eignet sich die Parallelschaltung nach Bild 31. R_V wird so bemessen, daß auch bei der höchsten zu erwartenden Überspannung der zulässige Basisstrom noch nicht überschritten wird. An R_V kann dabei u. U. erhebliche Leistung auftreten; Belastbarkeiten von 0,5 W und mehr sind nicht selten! Die in Basis-Sperrichtung auftretende Halbwelle wird durch D kurzgeschlossen; im übrigen hat D keinen Einfluß auf die Funktion des Transistors, da sie im Normalfall gering in Sperrichtung vorgespannt ist. Bei richtiger Bemessung lassen sich solche Eingänge sehr übersteuerungsfest auslegen; die Eingangsstufe des in [6] beschriebenen direktanzeigenden Frequenzmessers darf z. B. nach diesem Prinzip ohne jede Umschaltung zwischen 0,1 V und 300 V~ als Eingangsspannung erhalten!

Abschließend noch ein Beispiel dafür, wie einfach Redundanzmaßnahmen mitunter sind: In Thyratronschaltungen treten öfters Störungen auf durch Verändern der Zündspannung des Thyratrons, Alterung usw. In solchen Fällen, z. B. in allen in [5] angegebenen Schaltungen, können dann ohne weiteres 2 Thyratrons direkt parallelgeschaltet werden (sämtliche gleichnamigen Elektroden verbinden). Da niemals 2 Gasentladungsröhren genau gleiche Zündwerte haben, wird trotzdem stets nur ein Thyratron zünden, das andere bleibt wirkungslos (als „stille Reserve“ fertig im Sockel eingesteckt, anstatt im Reservelager des Amateurs!). Fällt das 1. Thyratron wegen Alterung aus, so zündet von da an zwangsläufig stets das 2. Entsprechend markiert und ab und zu kontrolliert, bemerkt man diese „Wachablösung“ und kann dann ohne weiteres das gealterte Thyratron durch ein neues ersetzen. Solche mit parallelgeschaltetem Reserve-thyatron arbeitenden Anlagen funktionieren auf lange Zeit auch ohne Wartung sehr zuverlässig. Sinngemäß gilt das gleiche für viele Glimmlampen-Anwendungen (Kippschaltungen, Schaltröhren, Überspannungsableiter).

3.4.3. Funktionskontrollen

Jede für Kontroll-, Warn- oder Sicherungszwecke bestimmte elektronische Einrichtung sollte eine Möglichkeit für routinemäßige Funktionskontrollen sowohl der Gesamtanlage als auch einzelner, besonders ausfallgefährdeter Bauteile (Lampen!) haben. Die jeweils zweckmäßige Art hängt von Gerät und Schaltung ab. Regeln lassen sich dafür allerdings nicht geben. Kontrollen von Gesamtsystemen laufen meist auf eine „imitierte Störung“ o. ä. hinaus; die zweckmäßigste Form dafür muß von Fall zu Fall gefunden werden. Parklichtdämmerungsschalter lassen sich durch Anleuchten mit einer Taschenlampe überprüfen. Ein weiteres, der Anschaulichkeit halber bewußt primitiv gewähltes Beispiel sei an Hand von Bild 27 gegeben: Dieser Brandmelder wird im einfachsten Fall geprüft

- a - durch Einblasen von Zigarettenrauch,
- b - danach durch Einströmenlassen von Heißluft (Fön oder Kerzenflamme).

Im ersten Fall spricht FW, im zweiten Fall PTC an. Brandfühler nach Bild 17 oder solche mit Heißleitern (NTC-Typen) werden, wenn direkte Erwärmung nicht möglich ist, durch Kurzschließen – direkt an ihren Anschlußpunkten, damit Leitungsunterbrechungen erkannt werden! – geprüft. In Lampenfeldern mit zahlreichen Kontrollampen kann eine „Sammelprüfung“ erfolgen [1], indem die einzelnen Lampen La 1 bis La 3 über Dioden D 1 bis D 3 entkoppelt und auf eine gemeinsame Prüflleitung und Sammel-

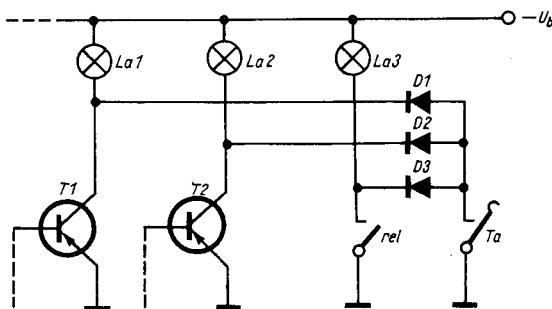


Bild 32 Sammelkontrolle mehrerer Anzeigelampen in einem Lampenfeld nach (1)

prüftaste Ta gelegt werden (Bild 32). Beim Drücken von Ta müssen dann alle Lampen zugleich aufleuchten. D 1 bis D 3 werden für den jeweiligen Strom „ihrer“ zugehörigen Lampe bemessen. Bei dieser Sammelprüfung ist aber der Stromversorgungsteil zu beachten: Er muß in der Lage sein, den notwendigen Strom für gleichzeitigen Betrieb aller Lampen aufzubringen! Wo das bei größeren Lampenfeldern, bei denen stets nur wenige Lampen leuchten, nicht gegeben ist, sollte man Gruppenprüfungen mit mehreren Sammeltasten als Zwischenlösung wählen, z. B. ein Lampenfeld zeilenweise durchprüfen.

3.4.4. Störungsmeldung

In diesem Abschnitt werden *Sammelkontrollen* betrachtet, die eine *Insgesamt-Bereitschaft*-Aussage geben (in Analogie zur Flugzeugtechnik auch als *Check*-Kontrolle bezeichnet). Eine Grundform dazu stellte bereits Lampe La in Schaltung nach Bild 28 dar. In größeren Anlagenkombinationen (in BMSR-Anlagen, Systemkombinationen von Brandmeldern, Raumsicherungsanlagen oder in vielen gleichartigen, örtlich getrennten Einrichtungen) dürfte es unzweckmäßig sein, ein Lampenfeld zu schaffen (auf dem jedem System oder Anlagenkontrollpunkt eine Bereitschaftslampe zugeordnet ist, die lediglich den Zweck hat, die Funktionsbereitschaft zu melden), wenn ohnehin nur die Aussage interessiert, ob *alles funktioniert*. Besser eignet sich dann eine einzige *Sammelcheck*-Anzeigelampe, die entsprechend ihrer Bedeutung *Alles bereit* die Farbe Grün haben sollte. Erlischt die Lampe, so besagt dies – außer möglichem Defekt der Lampe selbst –, daß zunächst irgendeins der vorhandenen Systeme ausgefallen ist. Man kann nun sofort mit der Störungseinkreisung beginnen. Neben einer Vielzahl überflüssiger Lampen spart man mit einer solchen Sammelkontrolle auch den entsprechenden erheblichen Lampenstromaufwand.

Bild 33 zeigt einige Möglichkeiten, wie verschiedene Bereitschaftskriterien zweckmäßig zu einer einzigen *Sammelchecklampe* vereint werden können. Diese Schaltung muß man je nach Anwendungszweck dimensionieren bzw. erweitern. Lampe La leuchtet ständig, wenn *alles bereit* ist. Die Kontrollpunkte KP sind mit Prüfspitze oder, falls der

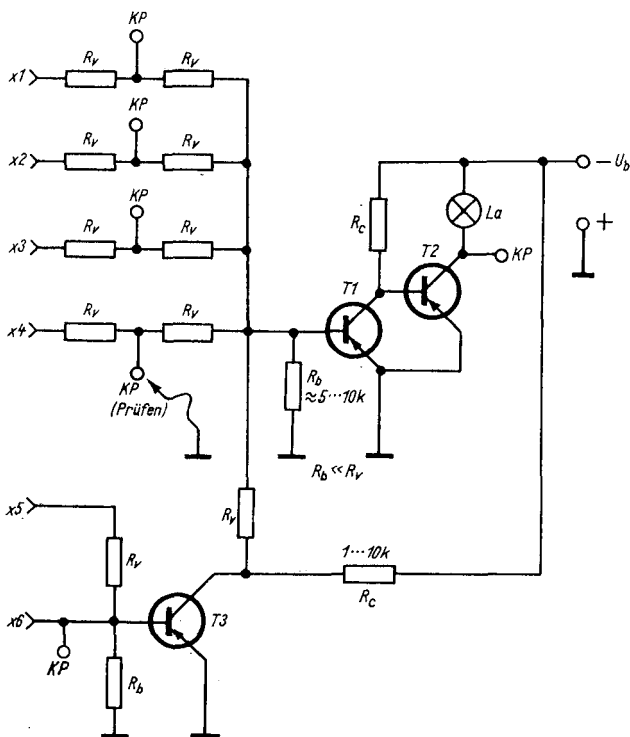


Bild 33 Sammelcheck-Kontrollschaltung (Prinzip, Dimensionierung und Erweiterung je nach Anwendungszweck)

Aufwand lohnt, mit Stufenschalter bzw. Prüftasten nacheinander gegen Masse kurzzuschließende Prüfpunkte. Erlischt La , so werden die KP nacheinander abgetastet. Sobald La dabei wieder aufleuchtet, ist der Fehler auf das zu dem betreffenden Kontrollpunkt gehörende System lokalisiert. Mit KP am Kollektor T 2 kann man zunächst La selbst kontrollieren, an der Basis T 3 werden $La + T 1 + T 2 + T 3$ (Funktion der Checkanzeige) geprüft.

Im allgemeinen dürften in jedem zu überwachenden System oder Schaltungsteil bzw. an mehreren wesentlichen Punkten 2 Extremfälle das „Normal“ sein: entweder nahezu

volle Betriebsspannung (z. B. am Kollektor T 2 – Bild 17) – oder nahezu keine Betriebsspannung (z. B. Kollektor T 2 Bild 27), was sich aus der jeweiligen Schaltungsfunktion ergibt. Von diesen Punkten führt man nun Kontrolleitungen zu den Eingängen der Überwachungsschaltung Bild 33. Die Eingänge $x_1 \dots x_4$ dürfen keine Spannung erhalten (bzw. nur sehr geringe Spannung); der Eingang x_5 erhält annähernd volle Betriebsspannung, wenn *alles in Ordnung ist*. Über x_5 und dessen R_v (einige hundert Kiloohm; je nach der anzulegenden Spannung auch bis einige Megaohm) wird T 3 durchgesteuert. Am Kollektor T 3 steht somit keine Spannung.

Falls ein Stromfluß nach Masse zu kontrollieren ist (z. B. Emitterstrom einer Stufe, deren Transistor emitterseitig an Masse liegt), kann die betreffende Leitung aufgetrennt und über x_6 geführt werden. Der zu kontrollierende Emitterstrom hält dann zugleich T 3 mit durchgesteuert. Diese Möglichkeit wird jedoch selten angewendet.

Da T 3 im Normalfall durchgesteuert ist und auch über x_1 bis x_4 keine Spannung kommt, erhält T 1 keine Basisspannung, sperrt also, womit T 2 öffnet und La leuchtet. Tritt nun aus irgendeinem anomalen Grund an x_1 bis x_4 eine Spannung auf oder entfällt an x_5 – dem man ebenfalls weitere x -Eingänge parallellegen kann – eine Spannung, so wird entweder T 3 gesperrt und durch dessen Kollektorspannung T 1 angesteuert, oder T 1 öffnet über einen x_1 - bis x_4 -Eingang direkt. Damit schließt T 2, La erlischt. Alle R_v werden so bemessen, daß je nach verfügbarer Ansteuerspannung T 1 noch voll durchgesteuert wird. Solange dabei die Bedingung $R_v \gg R_b$ gewahrt bleibt, lassen sich sowohl vor T 1 als auch vor T 3 je 10 Eingänge und mehr parallelschalten. Man kann sogar eine weitere Gruppe mit T 1/T 3 parallel zu der vorhandenen schalten und auf diese Weise mehrere Dutzend Kontrollpunkte mit einer einzigen Checklampe La überwachen. Falls La erlischt, läßt sich durch Nacheinander-Kurzschalten aller KP gegen Masse der Eingang mit „Fehlersignal“ ermitteln. Eine über x_1 eintreffende negative Spannung, die La zum Erlöschen bringt, wird bei Kurzschluß des obersten KP gegen Masse abgeleitet, so daß La in diesem Fall aufleuchtet – der von x_1 kontrollierte Systemort ist demnach gestört oder hat nicht den vorgeschriebenen Zustand. Leuchtet La, so sind – auf einen Blick erkennbar – *alle* Systeme O. K.

4. Anwendung periodischer Schalter und Zeitschalter

4.1. Verfahrensüberblick

Periodische Schalter, etwa Blinklichtgeber als ein dem Amateur geläufiges Beispiel, können als Zeitschalter aufgefaßt werden, die sich nach Ablauf ihrer Schaltzeitperiode selbsttätig wieder einschalten. Beide Arten sollen daher zusammen betrachtet werden, ungeachtet der erheblichen Unterschiede sowohl bezüglich der Schaltungstechnik als auch der verwendeten Bauelemente. Man kann periodische und Zeitschalter aufbauen

- a – mit Vakuumröhren,
- b – mit Gasentladungsröhren,
- c – mit gesteuerten Halbleiterventilen (Thyristoren),
- d – mit Halbleiterverstärkern (Transistoren).

Die Bestückung mit Röhren hat nach dem jetzigen Stand der Technik für den Amateur nur noch wenig Bedeutung. Die Bestückung mit Gasentladungsröhren (Thyratron) dagegen ist auch für den Amateur durchaus von Interesse, wenn es sich um Geräte für Netzspannungsanschluß handelt. Dabei ermöglichen Thyratrons besonders einfache und zuverlässige Schaltungslösungen. Das Thyatron wird in der Industrie bereits jetzt, in der Amateurpraxis sicher ebenfalls bald durch das physikalisch-funktionell andersartige, anwendungstechnisch aber dem Thyatron nahekommende Bauelement Thyristor (unkorrekt deshalb auch manchmal als „Halbleiter-Thyatron“ bezeichnet) ersetzt; dies ist Variante c. Derzeit vom Amateur am häufigsten benutzt dürfte jedoch die Variante d sein, die – weil vorzugsweise für Niederspannung geeignet, über Relais o. ä. Zwischenglieder (Spezialthyatron Z 865 W!) aber auch zur Schaltung netzgespeister Geräte brauchbar – am vielseitigsten ist (für Varianten a, b und d s. [5]). Über Thyristoranwendungen wird zu gegebener Zeit in dieser Broschürenreihe entsprechendes Material veröffentlicht werden.

Die Verfahrensauswahl richtet sich nach dem Anwendungszweck. Geeignete Schaltungssammlungen ermöglichen die

notwendigen Vergleiche sowie das Abwägen der Vor- und Nachteile. An dieser Stelle daher nur der zusätzliche Hinweis, daß man für netzbetriebene Anlagen durchaus zunächst Thyratronschaltungen ansehen sollte. Für sie gilt dann jedoch in der *gesamten Schaltung*, was bei Transistor-schaltungen für *Netztrafo* und *Relaisauswahl* zu berücksichtigen ist: Es sind die einschlägigen TGL-Sicherheitsbestimmungen (Berührungsschutzmaßnahmen usw.) zu beachten.

4.2. Periodische Schalter

Anwendungen periodischer Schalter sind so zahlreich bekannt, daß sich eine Aufzählung erübrigt. Sie dienen im weitesten Sinn als Taktgeber – keineswegs nur für Blinklicht –, d. h. zum periodischen Ein- und Ausschalten beliebiger Aggregate oder Vorrichtungen. Zu beachten ist, daß „freilaufende“ periodische Schalter keine sehr hohe Zeit- bzw. Frequenzgenauigkeit haben. Das gilt sowohl für den bekannten astabilen Multivibrator und seine Varianten als auch für andersartige periodische Schalter, etwa nach der bei Bild 22 für die Relais A und F benutzten Version sowie für vergleichbare Thyratronschaltungen usw. Als „Zeitmaßstab-Generatoren“ lassen sie sich daher nicht ohne weiteres verwenden. Sinngemäß gleiches gilt für Zeitschalter mit einmaligem Ablauf (dazu vgl. 3.4.3.).

4.2.1. Grenzen der Anwendbarkeit periodischer Schalter

Einfache selbstschwingende (*freilaufende*) periodische Schalter kann man überall einsetzen, wo es auf periodische Schaltung ohne besondere Anforderung an die Taktzeitgenauigkeit ankommt; für die Mehrzahl der Anwendungen ist diese Einschränkung zulässig. Die Zeitgenauigkeit von periodischen Schaltern auf Transistorbasis hängt nur wenig von den Transistoren und ihrem Temperaturgang ab, weil die Transistoren als Schalter betrieben werden. Zeitbestimmend sind vielmehr RC-Glieder, wobei für C meist Elektrolytkondensatoren benutzt werden. Sie sind die erste Zeitfehlerquelle; denn Elkos haben keine konstante Kapazität,

sondern diese hängt außer von Alterung und Elko-Reststromeinflüssen, die sich als Änderung der RC-Zeitkonstante auswirken, auch in merklichem Maß direkt von der Elko-Temperatur ab. Temperatureinflüsse machen sich also vor allem über vorhandene zeitbestimmende Elkos bemerkbar. Außerdem gehen Betriebsspannungsänderungen relativ stark in die Taktzeit ein. Periodische Schalter mit Foliekondensatoren und stabilisierter Betriebsspannung lassen sich aber ohne besonderen Aufwand relativ frequenzkonstant verwirklichen. Nicht ausreichend ist die Genauigkeit solcher Taktgeber für *elektronische Uhren* und vergleichbare Aufgaben.

Derartige Anwendungen, z. B. von Multivibratoren mit 1 Hz Taktfrequenz, werden vom Amateur oft in Betracht gezogen, sind aber von vornherein als sinnlos einzuschätzen. Für solche Zwecke kommen nur von einem Frequenznormal fremdgesteuerte (synchronisierte) Taktgeber in Frage. Der Aufwand ist, wie Bild 34 zeigt, erheblich. Man geht von einem Schwingquarzgenerator aus; als niedrigste diskutable Quarzfrequenz wählt der Amateur 10 kHz; entsprechende Quarze sind handelsüblich. Diese Frequenz wird in mehreren Frequenzteilerstufen bis auf 1 Hz untersetzt, wie Bild 34 a zeigt. Als Teiler kann man Sperrschwingerschaltungen (1 Transistor, 1 Diode, 1 Übertrager je Teiler) oder astabile Multivibratoren (2 Transistoren, etwa 10 R- und C-Bauelemente je Teiler) verwenden; auch andere Schaltungen (Ringzähler, Schieberegister [13]) sind möglich. Man sollte je Teilerstufe ein Verhältnis von 5 : 1 nicht überschreiten (stabilisierte Betriebsspannung bereits vorausgesetzt), damit die Teilerkette über längere Zeit stabilgehalten wird. (Eine Möglichkeit, 10 : 1 zu untersetzen, bieten Glimmzählröhren [5]). Es sind daher mindestens 6 Teilerstufen notwendig, um einen 1-Hz-Impuls zu bekommen, mit dem man etwa eine elektromechanische Nebenuhr antreiben kann. Wird die 3. Teilerstufe (Bild 34 a) auf 4 : 1 (Ausgang 100 Hz), die 4. auf 2 : 1 (Ausgang 50 Hz) gesetzt, so kann auch eine 50-Hz-Synchronmotoruhr angetrieben werden.

Genügt geringere Genauigkeit, so benötigt man keinen Quarz, sondern man synchronisiert 1-s-Schrittschaltwerke mit der Netzfrequenz 50 Hz. Bild 34 b zeigt diese bedeutend einfachere Variante (praktisch ausgeführte, mit Glimmlampenfrequenzteilern arbeitende Schaltung s. [18])

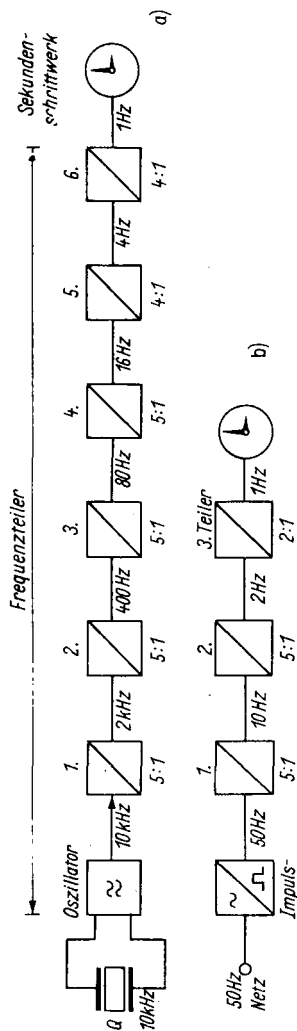


Bild 34 Aufbauschema stabiler Zeittaktgeber, hier für Uhren; a - Prinzip der „Quarzuhr“, b - vereinfachte Variante für Synchronisation mit der Netzfrequenz

bzw. [5]). Allerdings muß man dabei bedenken, daß die Netzfrequenz erfahrungsgemäß um $\pm 0,5$ Hz und mehr abweichen kann, was einen Zeitfehler von 1 % (im ungünstigsten Fall ± 15 min je Tag) bedeutet. Für Kurzzeitbetrieb kann man das Prinzip trotzdem anwenden (*elektronische Stoppuhr* [5], [6]); das Ergebnis läßt sich durch Bestimmung der Netzfrequenz und rechnerische Korrektur verbessern.

Als Anregung für experimentierfreudige Amateure sei auf folgende interessante Möglichkeit verwiesen: Das einfache Prinzip nach Bild 34 b wird der „Quarzuhr“ nach Bild 34 a fast gleichwertig, wenn man eine 50-Hz-Frequenz mit Quarzgenauigkeit hat, und zwar in Gestalt der (quarzsynchronisierten) Vertikalimpulse im Fernsehbildsignal. Bei eingeschaltetem Fernsehempfänger kann man genaue 50 Hz also vom Bildkipppgeneratorausgang abnehmen. In Nähe eines Fernsehsenders ist es jedoch mit vertretbarem Aufwand möglich, einen einfachen, auf die Bildkanalfrequenz festabgestimmten Empfangsteil mit AM-Demodulator (entsprechend Videogleichrichter ohne Anforderungen an die Videobandbreite) und nachgeschaltetem 50-Hz-Tiefpaß aufzubauen, der aus dem Bildsignal-(BAS-)Gemisch nur den 50-Hz-Bildsynchronimpuls ausfiltert (Impulsabtrennung mit Schwarzpegel-Klemmdiode erforderlich, aber leicht zu realisieren). Dieser relativ einfache transistorisierte Empfänger ermöglicht eine recht genaue 50-Hz-Synchronisation, solange der Fernsehsender arbeitet! Für ständig betriebene Uhren ist dieses Verfahren also untauglich, für *Stoppuhren* aber brauchbar und billiger als die Quarzuhr nach Bild 34 a, die außer dem teuren Quarz immerhin mindestens etwa 20 bis 25 Halbleiter (Stromversorgungsstabilisierung inbegriffen) erfordert.

4.3. Zeitschalter

4.3.1. Zur Genauigkeit von Zeitschaltern

Sinngemäß gilt für die Genauigkeit von Zeitschaltern das im vorigen Abschnitt Gesagte – eine Synchronisierung ist bei ihnen jedoch nicht ohne weiteres möglich, abgesehen von *Torschaltungen*, die durch besondere, von periodischen

Quarzzeitschaltern abgeleitete Impulse geöffnet und geschlossen werden: sie bleiben wegen ihres großen Aufwands außer Betracht. Dadurch erhebt sich die Frage, wie „genau“ der Zeitschalter (für einmalige Auslösung) jeweils überhaupt sein muß. Dabei stellt der Amateur oft unnötig hohe Anforderungen. Daß es bei einem Treppenlicht-Zeitschalter kaum Bedeutung hat, ob das Licht das eine Mal 3 min, das andere Mal 3 min 20 s lang eingeschaltet bleibt, ist offensichtlich. Dagegen wird gleiches, z. B. bei Dunkelkammer-Belichtungsuhren, oftmals übersehen. Ein Dunkelkammer-Belichtungszeitschalter darf mit $\pm 10\%$ Ungenauigkeit arbeiten, was sich ohne besonders hohen Aufwand verwirklichen läßt, denn die dadurch verursachten geringen Belichtungsfehler werden beim nachfolgenden Entwicklungsvorgang ohnedies ausgeglichen. Wichtiger als die absolute Zeitgenauigkeit ist in diesem speziellen Fall, daß die Schaltung

- a – gute Kurzzeitkonstanz aufweist (Reproduzierbarkeit der eingestellten Zeit innerhalb der folgenden Arbeitsstunden auf $\pm 10\%$ – tagsüber sind etwas größere Fehler zulässig, da ja zunächst stets von einer Probebelichtung ausgegangen wird) und
- b – die absinkende Netzspannung (= erheblich absinkende Kopierlichtstärke) zu einer Zeitverlängerung führt, sofern die Schaltung netzgespeist ist.

Speisespannungs*stabilisierung* könnte also sogar nachteilig sein! Untersuchung der ausgewählten Schaltungsfunktion unter diesem Aspekt sollte daher erfolgen.

Zeitschalter werden meist um so ungenauer, je längere Zeiten sie zu schalten haben, weil dadurch Störeinflüsse (Elko-Restströme, temperaturabhängiger Elko-Kapazitätswert und bei „schleichend“ ansprechenden Zeitschaltern auch die Relais- und Transistorparameter) mehr in Erscheinung treten. Als Beispiel für eine solche „schleichend“ arbeitende, aber mit relativ kleinen C-Werten für lange Zeiten geeignete Schaltung sei auf den *Miller-Integrator* [5] verwiesen. Sein Hauptanwendungsgebiet liegt bei Schaltungen, von denen lange Zeiten ohne besondere Genauigkeit gefordert werden oder ein einfacher Aufbau (Bild 22) bei mittleren Zeiten (Sekundenbereich). Ein „schleichendes“ Ansprechen des Schaltrelais, wobei dessen Wicklungsstrom

langsam steigt bzw. fällt, ist sehr nachteilig, weil unter Umständen dann noch Relästoleranzen und in Nähe des Schaltzeitpunkts auch mechanische Erschütterungen Einfluß nehmen. Dies kann man durch Verwendung eines Schmitt-Triggers [5] zwischen Zeitschalter und Relais vermeiden und damit auch in gewissem Grad den Temperaturgang der benutzten Halbleiter kompensieren.

Grundsätzlich gilt für alle diese Schaltungen, daß ein Kondensator das zeitbestimmende Glied ist. Dabei gibt es einen wesentlichen, die Auswahl der günstigsten Schaltung beeinflussenden Faktor. Die Auf- und Entladung eines Kondensators das zeitbestimmende Glied ist. Dabei gibt es kann entweder nur ein kurzes Stück der Ladekurve ausnutzen, was zu großen C-Werten zwingt, oder man kommt in den flachen Bereich der Ladekurve, womit die Schalt-

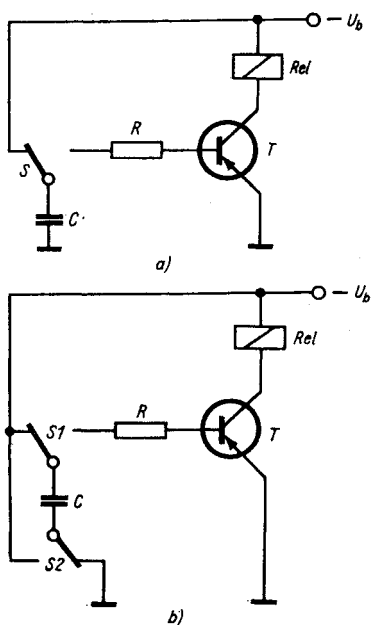


Bild 35

Zur Genauigkeit von Zeitschaltern; a - Zeitfestlegung durch Entladung eines Kondensators, b - Prinzip der Kondensatorumladung gegen die umgepolte Speisespannung

ungenauigkeit steigt. Bild 35 a verdeutlicht diese ungünstige Lösung (schematisiert). C wird über Schalter S von $-U_b$ aufgeladen, Rel ist abgefallen. Beim Umlegen, von S entlädt sich C über R und T mit der durch $R \cdot C$ vorgegebenen Zeitdauer. Rel zieht an und fällt „schleichend“ ab, sobald die Spannung an C nicht mehr ausreicht, T genügend durchzusteuern. Diese Variante und alle auf dieses Prinzip zurückgehenden Schaltungen haben also mehrere Nachteile (auch der Einfluß von $-U_b$ kommt hinzu, da deren Wert den Anfangszustand von C und damit die Zeit bestimmt).

Man vermeidet den Einfluß der Betriebsspannung vollständig und den des „schleichenden“ Betriebs im flachen Teil der Entladekurve von C weitgehend, wenn C nicht aufgeladen oder entladen, sondern gegen die umgepolte Betriebsspannung umgeladen wird (Bild 35 b). S 1, S 2 sind gekoppelt, C wird jetzt von $-U_b$ über C, R, T gegen die Betriebsspannung umgeladen, wobei die Spannung an C durch 0 geht und die Polarität wechselt. Praktisch fällt im Moment des Nulldurchgangs Rel ab. S 1, S 2 sind Relaiskontakte, die bei Abfall von Rel in die gezeichnete Stellung zurückschalten, so daß es nicht bis zur tatsächlichen Polaritätsumkehr an C kommt. Jetzt liegt der Spannungsnulldurchgang für R, T, auf einem steilen Teil der Kondensatorladekurve, womit das Relais schneller geschaltet wird. Außerdem läßt sich rechnerisch zeigen [9], daß die Zeitkonstante $R \cdot C$ nunmehr von $-U_b$ unabhängig ist, mit anderen Worten: Unabhängig vom Betrag $-U_b$ wird nach der Zeit $t = 0,693 R \cdot C$ die Spannung an C genau 0! Ein nach Bild 35 b arbeitender Zeitschalter mit Kondensatorumladung gegen die umgepolte Betriebsspannung ist also von Betriebsspannungsschwankungen unabhängig! Man sollte daher Schaltungen dieser Art den Vorzug geben, wenn Zeitunabhängigkeit von der Betriebsspannung gefordert wird; ein Grundsatz, den der Amateur oft noch übersieht. Muß aus Schaltungsgründen (Kontaktzahl o. ä.) die Variante Bild 35 a gewählt werden, so soll die Schaltspannung, bei der Rel abfällt oder anzieht, erheblich über 0, aber möglichst weit unter $-U_b$ liegen. Praktisch wählt man als Kompromiß (in Bild 35 a durch geeignete Wahl von R je nach β_T) die Schaltspannung etwa gleich der halben Betriebsspannung.

4.3.2. Langzeitschalter

Variante Bild 35 b sollte man bis etwa 30 min Zeitdauer verwenden. Für längere Schaltzeiten (Minuten bis Stunden) wird die Genauigkeitsfrage schwieriger. Da auch die C-Werte steigen, ist bei Transistor- und Röhrenschaltungen der *Miller*-Integrator [5] vorteilhaft, und zwar zweckmäßig mit nachgesetzter Schmitt-Trigger-Stufe; für beide Varianten Schaltbeispiele in [5]. Die obere Grenze wird dabei im wesentlichen durch C gesetzt; bei Elkos durch deren Reststrom – das zugehörige R kann deshalb nicht beliebig groß werden – sowie allgemein durch Isolations- und Kriechströme im Gesamtaufbau. Hohe R-Werte sind deshalb nur sinnvoll, wenn Kondensatoren mit bester Isolation (Styroflexkondensatoren, MP-, ML-Typen, eventuell auch Tantal-Elkos) und Siliziumhalbleiter (wegen ihres bei Si geringen Reststromeinflusses auf den zeitbestimmenden Kreis) benutzt werden. Der Amateur wird mit den ihm geläufigen Schaltungen nur mit Mühe und großer Zeitungenauigkeit die Größenordnung 1 h überschreiten können, einige Stunden höchstens mit Thyatron- oder Thyristorschaltungen. In neuerer Zeit sind Spezialschaltungen für extrem lange Schaltzeiten bekannt geworden, auf die an dieser Stelle nur verwiesen werden kann (s. [19]). Für den Amateur lohnen solche Spezialschaltungen kaum – bei derart langen Zeiten ist für die Amateurpraxis die mechanische Uhr (mit Elektroaufzug, VEB UMF Ruhla u. ä.) mit angebautem Schaltkontakt die einfachere Lösung.

5. Beispiele für Sonderanwendungen

Abschließend seien noch einige Beispiele genannt, über die der Amateur entweder zur Zeit noch wenig findet oder an die er gelegentlich unter falschen Gesichtspunkten herangeht. Sie sollen zum Durchdenken und zur Übertragung auf andere Anwendungsgebiete anregen, also keinesfalls nur einseitig auf die genannte Anwendung orientieren.

5.1. Diebstahlsicherungen, Wegnahmesicherungen

5.1.1. Kraftfahrzeugsicherung

Eine in den Grundideen für zweckmäßige Systemkombination typische Beschreibung bietet [20]; ihr Studium lohnt schon informativ. Im Prinzip arbeitet sie u. a. mit kapazitivem Türrahmenshalter (kontaktlos) und Besitzererkennung nach dem Induktivverfahren. Eine solche nicht einmal übermäßig aufwendige Sicherung ist auch von elektrotechnisch bewanderten Unbefugten kaum zu „brechen“.

5.1.2. Wegnahmesicherungen

Oft genügt es, an Stelle aufwendiger Raumsicherungsanlagen gegen Diebstahl oder Einbruch lediglich die voraussichtlichen Ziele gegen Wegnahme zu sichern, was meist erheblich einfacher ist. In Kassenräumen beispielsweise können Geldkassetten am Boden mit einem kleinen Maniperscheibenmagneten versehen sein. An dem Platz, wo sie abgestellt sind, ist unsichtbar ein Magnetmikroschalter angeordnet, wie unter 3.2. bereits erwähnt. Bei Wegnahme der Kassette öffnet der Schalter einen Ruhestromkreis und löst damit Alarm aus. Metallene Gegenstände können im übrigen selbst als Strombrücke dienen; Kassetten oder andere Wertgegenstände bzw. ihre metallenen Behälter stehen auf (scheinbaren) „Zierleisten“, die die Pole

des über den Kassettenboden geschlossenen Ruhestromkreises bilden.

Schließlich können Objekte, die ortsfest sind oder bei denen nur mit Berühren (Öffnen usw.), nicht mit Wegnahme zu rechnen ist – kleine Tresore, die auf unauffälligen Isoliersockeln stehen usw. –, insgesamt als „Schaltfläche“ an einem Berührungsschalter (3.2.) ähnlich Bild 26 und [5] angeschlossen werden. Die zugehörige elektronische Apparatur bringt man zweckmäßig – bis auf das im Ruhezustand stromführende, bei Leitungsunterbrechung also Alarm auslösende Schaltrelais – dann in dem auf diese Weise gesicherten Behälter selbst unter. Zu überdenken sind in solchen Fällen Maßnahmen gegen mögliche (vorsätzlich bewirkte!) Netzausfälle. Auch diese müssen signalisiert werden, oder die Anlage muß dann auf Notstrombatterie umschalten.

5.1.3. Raumsicherungen

5.1.3.1. Verfahrensüberblick

Für Raumsicherungen sind zahlreiche Verfahren möglich; nicht alle lassen sich vom Amateur realisieren, so nicht Ultraschall- oder radioaktive Sperren. Es bleiben neben der bekannten und keineswegs unbedingt sicheren Lichtschranke *Türkontakte*, *Tretkontakte* unter Teppichen und Fußmatten (eventuell als kapazitive Berührungsschalter [3.2.] ausgebildet), *Annäherungs-* und *Berührungsschalter*, z. B. in Form von Türklinken oder Fenstergriffen, oder *akustische Schalter*. Letztere können als Raumschalleinrichtungen – problematisch wegen möglicher Fehlauflösung durch normale Umweltgeräusche – oder Trittschalleinrichtung (Prinzip der Körperschalleitung; in anderer Form in [21] beschrieben) ausgelegt sein und sind relativ aufwendig. Stets müssen Fehlauflösung und ihre Folgen durch normale Ursachen bedacht werden. Jedes Verfahren hat Vor- und Nachteile, die man je nach Anwendungsfall abwägen muß, und zwar sowohl nach *technischen* Gesichtspunkten – einschließlich Sicherheit gegen Fehlalarme – als auch nach *gesetzgeberischen* (HF-Annäherungsschalter: Störstrahlung), aber auch nach *psychologischen* Gesichtspunkten. Jedoch gerade das letzte wird meist übersehen. Im allgemeinen

empfehlen sich sowohl zwecks technisch höherer Zuverlässigkeit als auch aus psychologischen Überlegungen die Kombination mehrerer Systeme.

5.1.3.2. Psychologie der Raumsicherung

Soweit Raumsicherungen überhaupt aufwandsmäßig lohnen, wird man stets davon ausgehen müssen, daß Fremde mit dem Vorhandensein einer solchen Einrichtung rechnen. Das bedeutet aber: Der Fremde hat sich eventuell auch über mögliche Verfahren orientiert und ist auf solche gefaßt! Man muß daher zunächst unterscheiden zwischen erkundbaren und nichterkundbaren Sicherungseinrichtungen. Erkundbar sind alle sichtbaren Vorkehrungen: Fensterscheibenkontaktstreifen, sichtbare Tür- und Schloßkontakte – aber auch Lichtschranken. Selbst wenn mit Infrarotlicht gearbeitet wird, kann ein verfahrenskundiger Fremder mit einem Infrarotdetektor (PbS-Fotowiderstand mit einem Verstärkerzusatz) eine solche Schranke „erkennen“, und zwar an ihrem unvermeidbaren Streulicht, noch bevor er sie unterbricht! Ähnliches gilt für HF-Annäherungsschalter, deren HF-Strahlung auch außerhalb ihres Auslösebereichs mit einfachen HF-Detektoren nachweisbar ist. Lichtschranke und HF-Annäherungsschalter sind „aktive“ Verfahren; es gilt aber die Regel: Aktive Verfahren lassen sich erkunden! Auch versteckt montierte Kontakte (Magnetmikroschalter oder Tretkontakte) fallen darunter. Wird eine solche Einrichtung als Ruhestromkreis mit Wechselstrom betrieben, so ist sie nebst zugehörigem Leitungsverlauf schon mit einfachen Induktionssonden (Prinzip des Telefonmithöradapters, z. B. in [6], [21]) zu ermitteln – solche Einrichtungen sind also mit Gleichstrom zu betreiben! Es sei denn, sie *sollen* erkannt werden! Die mögliche Erkundbarkeit solcher Einrichtungen bedeutet nicht ihre Untauglichkeit. Ein mit sehr engem „Strahlengatter“, Prinzip wie Bild 7, durchaus auch unter Verzicht auf Infrarotfilter gesicherter Raum wird zwar als gesichert erkannt, bei genügend engem Strahlengang kann man ihn trotzdem nicht ohne Alarmauslösung durchqueren, wenn z. B. modulierte Licht und empfängerseitig ein selektiv abgestimmter Lichtempfänger benutzt werden. Der Fremde müßte dann schon eine Hilfslichtquelle gleicher Modulationsfrequenz be-

nutzen. Doch auch dagegen kann man sich durch zusätzliche Phasenvergleichsschaltung schützen (Phasenvergleich zwischen Lichtmodulatorspannung und Empfängerspannung), dann hilft selbst frequenzgleiches Flimmerlicht nicht weiter.

Es geht aber auch anders: Man wendet eine Kombination mehrerer Systeme an. So können z. B. eine Infrarotschranke (mit tiefrotem Filter, für den Kundigen gerade noch erkennbar) sowie ein Türkontakt mit Wechselspannung, aber in einer Brückenschaltung betrieben, vorhanden sein (vgl. 5.1.3.3.), worauf ein Fremder kaum gefaßt ist und was er auch nicht feststellen kann, wenn der Brückenwiderstand direkt im Türkontakt angeordnet wurde und wenn zusätzlich noch eine Trittschallsicherung vorliegt. Alle 3 Systeme werden nach der Mehrheitslogik (3.4.1., Bild 28) verbunden, womit zugleich etwaige Fehlauflösungen – etwa durch Gebäudeerschütterungen – ausscheiden. Der Fremde, der die Lichtschranke, eventuell auch noch den Türkontakt erkennt und auf irgendeine Weise zu umgehen imstande ist, glaubt die Sperren gebrochen zu haben und dürfte auf weitere Sicherungen außerhalb der obenangeführten Mehrheitslogik kaum noch gefaßt sein. Falls der Aufwand nicht lohnend erscheint, kann man „gängige“ Verfahren (Lichtschranke, Tür- oder Fensterkontakt) auch „blind“ montieren, d. h. so, daß sie dem Fachkundigen erkennbar, aber nicht wirksam sind (nicht angeschlossene Türkontakte; Lichtschranken, die nur aus Lampe und einem leeren „Empfänger“-Kästchen mit Pro-forma-Linse davor bestehen u. ä.), und diese „Täuschobjekte“ so anordnen, daß der Fremde bei ihrer Umgehung um so sicherer in den Wirkungsbereich der einzigen wirklich funktionsfähigen Sicherungseinrichtung (Berührungsschalter o. ä.) ge-
Zwei weitere Punkte sind sehr wesentlich:

Erstens verliert die beste Raumsicherung ihren Wert und wird zu einem Unsicherheitsfaktor, wenn man das Einschalten vergift. Dies sollte also in geeigneter Weise „zwangsläufig“ erfolgen (Beispiel: In Geschäftsräumen, in denen tagsüber ständig Licht brennt, kann das Ausschalten des Deckenlichts, durch einen Fotowiderstand registriert, mit einem akustischen Zeichen auf die noch nicht eingeschaltete Raumsicherung hinweisen.); aufwendige Anlagen hält man ständig in Betrieb; sie arbeiten ununterbrochen und sind vielfach mit Personenkennungsrichtungen ausgestattet

(ein Schaltbeispiel dafür gibt [5]). Es geht also darum, menschliches Versagen (Vergeßlichkeit) auch bei befugten Personen weitestgehend auszuschließen.

Der zweite wichtige Punkt betrifft den Alarm selbst. Je nach Anwendungszweck kann er vom Alarmort abgesetzt oder an diesem selbst bzw. über mehrere Orte (Wächterplätze) verteilt erfolgen. Den Vorzug vor wenigen lautstarken Signalen verdienen mehrere kleine, vollelektronisch (kontaktlos) arbeitende Geräte (etwa nach 2.5.4., Bild 18); das Alarmsignalnetz sollte auf verschiedenen Wegen doppelt verlegt werden (Redundanz gegen vorsätzliche Leitungsbeschädigung!) und kurzschlußsicher sein. Falls die Alarmierung am Alarmauslöseort zu hören ist, kann eventuell eine Auslöseverzögerung von einigen Sekunden vorteilhaft sein (z. B. Lichtschranke mit Selbsthaltung, dieser nachgeschaltet ein Zeitschalter, der erst nach Ablauf alarmiert), da sie dem Eindringling die Feststellung, wo und was er ausgelöst hat, erschwert. Gefährliche Raumsicherungen (Starkstromkreise, aber u. U. auch Blitzlicht u. ä.) sind selbstverständlich unzulässig!

Nach dem ersten Entwurf einer Raumsicherung sollte man grundsätzlich in Gedanken selbst die Rolle des Eindringlings „durchspielen“ und seine eigene Anlage zu „überlisten“ versuchen. Auf diese Weise erkennt man am sichersten außer acht gelassene Details!

5.1.3.3. Technik der Raumsicherung

Wie 5.1.3.2. zeigt, setzen sich Raumsicherungssysteme aus bekannten, sonst lediglich für andere Zwecke benutzten technischen Verfahren zusammen. Die Schaltungstechnik ist also insoweit auch keine abweichende. Hinzu kommen jedoch – je nach Verfahren, Kombination, Zuverlässigkeitsgrad und Aufwand – einige zusätzliche Bedingungen.

Zunächst spielt die Zuverlässigkeit eine wesentliche Rolle. Nichts ist unangenehmer als eine Alarmierung, die im Ernstfall wegen mehrfach vorangegangener Fehlalarme oder Störungen keiner mehr ernst nimmt. Man wird also selbst bei einfachsten Sicherungssystemen (schon bei Wegnahmesicherungen, Türkontakten usw.) Redundanz oder besser noch das 2-aus-3-System anwenden (s. Kapitel 3.4.1. bis 3.4.4.). Bei der Verwendung mehrerer verschiedenarti-

ger Systeme, die so angeordnet werden, daß wenigstens 2 von 3 Systemen ansprechen müssen, z. B. Türschloßkontakt, Türschwellentretkontakt – Türklinkenberührungsschalter – Lichtschranke mit an Türfüllung befestigtem Umlenkspiegel (man rechne damit, daß sich Türfüllungen ohne Öffnen des Rahmens entfernen lassen!) bietet die Mehrheitslogik außerdem die Möglichkeit, Störeinflüsse auszuschalten, etwa durch ein Abschatten der Lichtschranke, evtl. durch einen zufällig im Raum herabfallenden Gegenstand *oder* durch Defekt des Türkontakts usw. Besonders bei Verwendung der relativ störanfälligen akustischen Sicherungen ist das wichtig.

Bei mehreren möglichen Alarmorten sollte das akustische Alarmsignal eindeutig den Alarmort kennzeichnen. Wie sich dies sogar mit einer einzigen elektronischen Sirene erreichen läßt, wurde in 2.5.4. (Bild 18) erklärt.

Brandmelder sollten in vorhandene Raumsicherungen mit einbezogen werden, was sich meist ohnehin schon schaltungstechnisch anbietet, jedenfalls keine wesentliche Aufwandssteigerung bedeutet. Auf die Möglichkeit und die Vorteile spezieller Verfahren, wie Flimmerlicht und Personenkennung, wurde im vorhergehenden Abschnitt verwiesen (geeignete Schaltungen s. [5]).

Bei ständigem Anlagenbetrieb empfiehlt sich Speisung aus dem Netz, gegebenenfalls mit Redundanz nach Bild 29, sowie in jedem Fall Pufferung mit nicht zu klein bemessenem Notstromakku, der mindestens 48 h Netzausfall (Wochenende bedenken!) überbrücken muß (nach [16] bestimmbar). Er wird bei Netzbetrieb über geeignete Ladegeräte (u. a. [5]) ständig bereitgehalten. Sämtliche Systeme (Lichtempfänger, akustische Schalter, Annäherungsschalter, Ruhestromkreise, Lampenstromkreise, Ladegerät und Netzgeräte sowie wichtigste Punkte innerhalb dieser Systeme) faßt man zu einer einzigen *Sammelcheck*-Anzeige (3.4.4., Bild 33) zusammen; auch die Notstrombatterie-Sollspannung wird (über Zenerdiode o. ä. kontrolliert) dort mit aufgeschaltet und auf diese Weise mit überwacht. Ferner kann bei ausreichend starker Batterie bei Alarmauslösung automatisch eine Notbeleuchtung eingeschaltet werden. Alarmauslösung, Notlichteinschaltung usw. erfolgen vom Ausgang der Mehrheitslogik (S in Bild 28).

Das bisher Gesagte soll am Beispiel einer absichtlich umfangreich konzipierten Anlage dargestellt werden; Bild 36

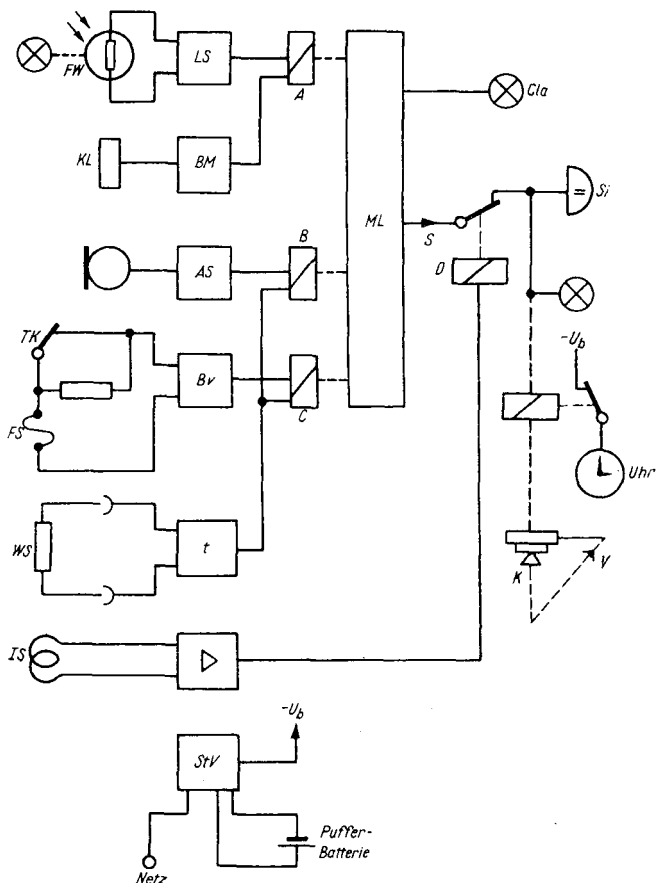


Bild 36 Prinzipschema einer möglichen Systemkombination für Raumsicherung; LS - Lichtschranke, KL - Kaltleiter (PTC), BM - Brandmelder, AS - akustischer Schalter, Br - Brückenschaltung, TK - Tür- und Treppkontakte, FS - Fenstersicherungen, WS - Wegnahmesicherungen, t - Zeitglied, IS - Induktionsschleife mit Empfängerverstärker, ML - Mehrheitslogik 2-aus-3, D - Blockierrelais für Personenerkennung, Gla - Checkkontrolllampe, Si - Signalisierorgane, StV - Stromversorgungseinheit mit Notbatterie, K - Kamera mit Magnet-auslöser, V - Vakublitzleuchte, S - Signalausgang

ist als Anregung für eine von vielen möglichen Kombinationen zu verstehen. Lichtschanke LS und eine Brandmeldeeinrichtung BM mit einem oder mehreren in Serie liegenden Kaltleitern KL laufen auf Relais A auf, ein akustischer Schalter AS (Raum- oder Trittschall) sowie eine Wegnahmesicherung WS auf Relais B. WS betätigt außerdem noch Relais C, auf dem eine Brückenschaltung BR aufläuft (mit Türkontakten TK und Fensterschleifen FS; die Fenster haben zusätzliche TK). Wegnahmesicherung WS spricht über Zeitglied t verzögert an (zu Br, TK, FS, WS und t wird abschließend noch Näheres gesagt). Die Relais A, B, C gehören zur Mehrheitslogik (Bild 28), die außerdem die *Sammelcheck*-Einrichtung (ähnlich Bild 33) enthält. Checklampe CLa kann zugleich identisch mit Lampe La in Schaltung nach Bild 28 sein; beide liegen 1polig an Betriebsspannung, so daß beide Anzeigen auf die gleiche Lampe gelegt werden können (Lampenstrom-Relaiskontakte – Bild 28 – liegen in Serie mit der Checklampe – Bild 33). Signalausgang S löst, falls mindestens 2 Relais bzw. die zugehörigen Systeme ansprechen, die Alarmsignalisierung Si aus. Stromversorgung StV mit Pufferbatterie müssen – nicht gezeichnet – mit in die Checkanzeige einbezogen werden. Um befugten Personen das Betreten des in der beschriebenen Weise gesicherten Raumes zu ermöglichen, ist ein Induktionsschleifenempfänger IS mit Verstärker vorhanden. Die befugte Person trägt den zugehörigen Streufeldgeber mit sich (beides s. [5]), daher spricht Relais D an und trennt die vom ML kommende Signalisierung ab. D und sein Kontakt müssen, da zentral gelegen, redundant ausgelegt sein oder in geeigneter Weise in die Checkanzeige einbezogen werden.

Die Wegnahmesicherung WS kann ein über Stecker oder Kontaktfüße angeschlossener Gegenstand sein, der einen Widerstand enthält. Dieser ist Teil der Brückenschaltung. Ebenso arbeiten TK und FS. Bei beiden bewirkt daher sowohl Kurzschluß als auch Unterbrechung der Zuleitung zu TK, FS oder WS die Alarmierung. Das Zeitglied für WS verzögert den Alarm einige Sekunden, so daß Befugte an Stelle des WS-Gegenstands ein „Ersatzstück“ mit gleichem Widerstand hinstellen können, ohne daß dazu die Personenkennung mit IS benutzt werden muß.

Bild 37 zeigt eine Möglichkeit für Fensterscheibensicherungen. Mit Epiloxharz wird auf die gut entfettete Scheibe,

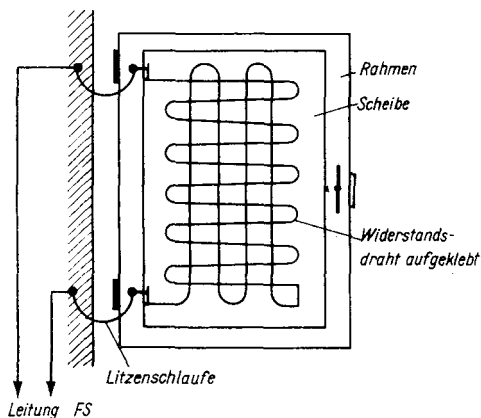


Bild 37 Sicherung einer Fensterscheibe; der Rahmen erhält zusätzlich einen Türkontakt (TK in Schaltung Bild 36)

wie skizziert, ein Widerstandsdraht ($1\text{-k}\Omega$ -Drahtwiderstand o. ä. abwickeln!) aufgebracht. Der Fensterschleifenwiderstand (FS in Bild 36) geht in die Brückenschaltung ein, so daß Ausschneiden der Scheibe ebenso wie Anbohren des Rahmens zum Kurzschluß der Fensterschleife zwecklos ist. Verwendung des üblichen Drahtes oder von Metallfolie ermöglicht ein solches Kurzschließen, wonach das Fenster geöffnet werden könnte. Einfaches Ringsumkleben des Widerstandsdrahts an Stelle der „Netzbildung“ nach Bild 37 genügt nur bei vorgespanntem Glas (Spezialglas), das schon beim Anschneiden völlig zersplittert und dabei den Draht zerreißt, nicht aber für normales Fensterglas! Mit Epoxydharzanstrich [3] und entsprechend dünnem Widerstandsdraht ist die Anordnung Bild 37 zwar bei genauem Hinsehen erkennbar, aber sonst auch ästhetisch kaum störend.

5.2. Anwendungen in der Zoologie

Aus dem umfangreichen Gebiet der Elektronik in der Zoologie (Grenzen zur Bioelektronik und Bionik) sollen nur 2 Beispiele herausgegriffen werden, die der Amateur realisieren kann. Betont sei jedoch, daß in diesem Fall der Tierkenner, nicht der Elektroniker das letzte Wort hat. Keinesfalls darf das Tier zum „elektronischen Versuchsobjekt“ werden, dies ist nach § 250 des neuen Strafgesetzbuches ausdrücklich untersagt! Es *müssen* also Elektronikamateur und Tierkenner bzw. Zoologe eng zusammenarbeiten.

5.2.1. Tierlehre

Besonders für die Dienst- und Gebrauchshundausbildung sind elektronische Hilfsmittel sehr wertvoll; praktische Erfahrungen an verschiedenen Orten ergaben bei besserer Ausbildungsqualität Verkürzungen der Ausbildungszeit um 50 Prozent und mehr. Unterschieden werden muß zwischen dem eigentlichen Abführen (Reizeinwirkung zur Bildung bedingter Reflexe), der Kommandoübertragung zum ausgebildeten Tier (andere oder gleiche Reize in schwächerer Form) und dem Aufspüren entsprechend ausgerüsteter Tiere. Letzteres entspricht im Prinzip der jedem Funkamateur bekannten *Fuchsjagd*. Man kann einem Hund mit Brustgeschirr oder mit stabilem Lederhalsband einen Miniatursender (Leistung etwa 10 mW) begeben, der mit den Batterien nicht größer als eine Zigarettenspackung ist. Am Brustgeschirr läßt sich – bei entsprechend abgerichtetem Tier – ein Auflagekontakt anbringen, der den Sender nur einschaltet, wenn das Tier sich legt (*Platz-Stellung*). Auf diese Weise ausgerüstete Tiere können zur lautlosen Objektsuche und Fährtenarbeit eingesetzt werden, wobei an Stelle des *Verbellens am Objekt* das *Platzlegen vor dem Objekt* tritt. Das Tier wird dann mit Fuchsjagd-Peilempfänger aufgespürt. Die Antenne kann, wie Versuche zeigten, mit einigen Leukoplaststreifen als Litzenantenne längs des Tierrückens aufgeklebt werden (Viertelwellenantenne abgestimmt!) und behindert das Tier nicht. Lediglich bei Wasserarbeit muß man an Stelle der „Rückenantenne“ eine am Brustgeschirr aufsteckbare (unbedingt federnde!) Stabantenne benutzen.

Ebenso verfährt man beim Abführen und bei der Fernkommandogabe. Das Tier trägt einen einfachen Empfänger (Pendelaudion, 27-MHz-Bereich, während beim vorhergenannten Verfahren meist das 2-m-Band vorteilhafter ist), der bei Kommandoübermittlung (mittels Fernsteuersenders [15], [17]) ein kleines Reizgerät auslöst. Als günstig erwiesen sich 2 in etwa 10 cm Abstand beiderseitig des Halses, etwa in Ohrhöhe im Lederhalsband isoliert (Leder leitet bei Feuchte! Kunststoff-Isolierperlen einsetzen) eingesetzte halbrunde Kugelelektroden (keinesfalls Spitzen), die am Fell anliegen. Die nötige Reizspannung beträgt einige Kilovolt (5 bis 10 kV mit Strombegrenzung auf einige Mikroampere!). Die Wirkung ist tierpsychologisch dem *Ruck am Korallenhalsband* vergleichbar. Die Reizspannung kann mittels Miniaturgeräts nach [5] erzeugt werden. Empfänger, Reizgerät und Batterie bilden 3 höchstens zigarettenpackungsgroße Blocks am Halsband (Gießharzverguß zweckmäßig). Der Empfänger sollte jedoch störimpulssicher arbeiten [17], sonst können fremde HF-Störungen durch Fehlreize das Tier für die Abrichtung völlig untauglich machen!

Für eine spätere Kommandogabe (Ferndirigieren) eignet sich statt des Elektroreizgeräts besser eine akustische Signalübertragung (eventuell im Ultraschallbereich; als „Lautsprecher“ Kristallmikrofonkapseln bis über 20 kHz brauchbar), weil sie differenziertere Kommandos ermöglicht, die vom Tier nach Tonhöhe (= Fernsteuerkanal) und Tonrhythmus erstaunlich gut und sicher unterschieden werden. An Stelle des Reizgeräts ist jetzt ein Sperrschwinger, dessen Kreis-C die Kristallkapsel bildet, vorhanden. Da das Tier dieses Gerät in Ohrnähe trägt, kann man es auf minimalen Strombedarf hin dimensionieren. Die detaillierte Beschreibung entsprechender Versuchsmuster führt zu weit und bietet schaltungsmäßig auch nichts Neues. Für den erfahrenen Hundeabrichter – nur er sollte solche Hilfen benutzen – genügen diese Hinweise, um die zahlreichen sich aus dem Fortfall von Wurfkette, langer Dressurleine usw. ergebenden Möglichkeiten zu erkennen. Der Funk- und Elektronikamateur kann ihm die genannten Geräte nach den bekannten Schaltungen klein, sowie völlig wetter- und bruchfest aufbauen, so daß sie den Hund in keiner Weise behindern oder belasten.

5.2.2. Tierbeobachtung

Für die Tierbeobachtung eröffnen sich, insbesondere mit der Lichtschranke, zahlreiche Möglichkeiten. Die Verwendung als *Fotofalle* (Bild 13) wurde bereits erwähnt. Sie hat sich vor allem in der Kleintierforschung, Ornithologie und Makrofotografie bewährt; [8] bringt dazu umfangreiches Text- und Bildmaterial.. Der Elektroniker wird lediglich gegenüber den dort gezeigten Schaltungen vorteilhaftere anzuwenden wissen.

Weitere Möglichkeiten bietet die Lichtschranke an Wildwechseln zur Tierzählung für statistische und Forschungszwecke (Zählschranke 2.2.2.). Schließlich ergeben sich in der wissenschaftlichen Zoologie viele Anwendungen für Lichtblitzstroboskope [5]. Erwähnt sei noch, daß Infrarotschranken in der Tierfotografie meist entbehrlich sind, da Tiere entweder auf gleichbleibend ortsunveränderliches Licht nicht reagieren bzw. gegenüber Infrarot empfindlich sind (Insekten).

6. Literaturhinweise

- [1] Greif, Grundzüge der Steuer- und Regeltechnik, Broschürenreihe „Der praktische Funkamateur“ (= PFA) Deutscher Militärverlag Berlin, Band 75
- [2] Kronjäger, Betriebszuverlässigkeit, PFA, Band 80
- [3] Jakubaschk, Gießharztechnik für den Amateur, PFA, Band 59
- [4] Greif, Grundzüge der Meßtechnik, PFA, Band 74
- [5] Jakubaschk, Das große Elektronikbastelbuch, 3., erweiterte Auflage 1968,
- [6] Jakubaschk, Elektronikschaltungen Teil II, PFA Band 66
- [7] Taeger, Dioden-Schaltungstechnik, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde 1967
- [8] Tölke, Makrofoto – Makrofilm, Fachbuchverlag Leipzig 1965
- [9] Kretzmann, Handbuch der industriellen Elektronik, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde 1954
- [10] Kretzmann, Schaltungsbuch der industriellen Elektronik, gleicher Verlag, 1955
- [11] Zeitschrift „radio-fernsehen-elektronik“ 17 (1968), H. 18, S. 572: I. Hagen, Kontrollgerät für Transparenz und Farbtemperatur
- [12] Zeitschrift „funkamateur“ H. 10/1966, S. 480: König, Elektronische Bestimmung von Blattgrößen
- [13] Rumpf/Pulvers, Transistor-Elektronik, VEB Verlag Technik, Berlin 1964
- [14] Franz, Relais-schaltungen für Bastler, PFA, Band 48
- [15] Jakubaschk, Fernsteuerexperimente Teil II, PFA, Band 73
- [16] Franz, Chemische Stromquellen, PFA, Band 79

- [17] Jakubaschk, Fernsteuerexperimente Teil I, PFA, Band 51
- [18] Goedecke, Elektronisches Rechnen für Amateure, PFA, Band 53
- [19] Zeitschrift „radio-fernsehen-elektronik“ 17 (1968), H. 20, S. 612: „Verzögerungsschaltung“ (Referat)
- [20] Zeitschrift „radio-fernsehen-elektronik“ 17 (1968), H. 20, S. 627: Neugebauer, Automatische Einbruchswarneinrichtung für PKW
- [21] Jakubaschk, Amateurtontechnik, 1967
- [22] Jakubaschk, Elektronikschaltungen für Amateure, PFA, Band 28
- [23] Autorenkollektiv: Raketensteuerung, Verlag Sport und Technik 1961

Redaktionsschluß: 15. März 1969

1.-15. Tausend

Deutscher Militärverlag · Berlin 1969

Lizenz-Nr. 5

Lektor: Sonja Topolov

Zeichnungen: Erich Böhm

Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Werner Briege

Vorauskorrektor: Ingeburg Zoschke · Korrektor: Rotraut Göber

Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam A 578

1,90

88

